

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra robototechniky**

**Servisní robot pro údržbu střešních ploch**

**Service Robot for Maintenance of Roofs Surface**

Student :

Bc. Kamil Janecký

Vedoucí diplomové práce :

doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D

Ostrava 2013

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Kamil Janecký**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T013 Robotika  
Téma: **Servisní robot pro údržbu střešních ploch**  
**Service Robot for Maintenance of Roofs Surface**

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte činnosti, které se provádějí při údržbě různých typů střech a střešních krytin. Vyberte činnosti vhodné pro aplikaci servisního robotu.
2. Specifikujte požadavky na servisní robotický systém pro údržbu střech.
3. Navrhněte varianty řešení robotického systému. Vyberte optimální variantu.
4. Po dohodě s vedoucím práce, konstrukčně zpracujte vybranou variantu. Doložte potřebnými výpočty a výkresovou dokumentací.
5. Vypočítejte náklady na výrobu prototypu navrženého robotického systému.
6. V závěru zhodnoťte technicko-ekonomické parametry navrženého systému.

Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online]. [cit. 2012-11-07]. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace>](http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace)
- [2] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [3] ISO 690. *Bibliografické citace: Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [4] SKAŘUPA, J. *Kreativita a inovační myšlení v konstruování*. [online]. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. [cit. 2012-11-07]. 230 s. ISBN 978-80-248-1717-0. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/files/resources/kreativita\\_a\\_inovace.pdf>](http://robot.vsb.cz/files/resources/kreativita_a_inovace.pdf)
- [5] SKAŘUPA, J - MOSTÝN, V. *Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů*. 1. vydání, Košice: Edice vědecké a odborné literatury – Strojní fakulta TU v Košicích, 2002. s 190. ISBN 80-88622-55-0
- [6] PALKO, A. - SMRČEK, J. *Robotika, koncové efekторы pre priemyslné a servisné roboty*. Košice: Edícia vedeckej a odbornej literatury strojníckej technickej univerzity v Košiciach, 2004. 274 s. ISBN 80-8073-218-3
- [7] KOKEŠ, P. *Servisní robot pro údržbu šikmých střešních ploch*. Ostrava, 1999. Diplomová práce. VŠB-TU ostrava.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



---

prof. Dr. Ing. Petr Novák  
*vedoucí katedry*



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
*děkan fakulty*

Místo přísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 20.5.2013

.....

Prohlašuji, že

- jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : .....

.....

Plné jméno diplomanta

Jméno a příjmení: Kamil Janecký

Adresa trvalého pobytu diplomanta: Polní 410, Bohuslavice 74719

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Janecký, K. *Servisní robot pro údržbu střešních ploch*, Ostrava: Katedra Robototechniky, Fakulta strojní, VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2013, 71 s., Diplomová práce, Vedoucí : doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D

Práce se zabývá konstrukčním návrhem servisního robotu pro údržbu střešních ploch. V úvodu je provedena analýza typu střech a činnosti, které lze na nich provádět. Na základě analýzy byl sestaven požadavkový list a navrženo několik možných variant řešení, ze kterých dle hodnotové analýzy vzešly optimální varianty. Tyto varianty byly podrobně rozpracovány a doplněny výkresovou dokumentací, 3D modelem, výpočty a pevnostními analýzami.

## **ANNOTATION OF THESIS**

Janecký, K. *Service Robot for Maintenance of Roofs Surface*, Ostrava: Department of Robotics, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB - Technical University of Ostrava, 2013, 71 s., Master thesis, Head: doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D

This thesis deals with the design service robot for the maintenance of roofs surfaces. The introduction contains to the analysis of the types of roofs and activities that can be do them. Based on this analysis, a request list was obtained and several possible versions investigated. The optimal versions was chosen by value analysis. This versions was designed in detail and completed drawings, 3D model, calculations and structure analysis.

## Obsah

1	Analýza střech .....	10
1.1	Typy střech .....	10
1.1.1	Střechy z hlediska jejich sklonu.....	10
1.1.2	Ploché střechy z hlediska jejich využití .....	11
1.2	Povrchy plochých střech.....	13
1.2.1	Nepochozí střechy .....	14
1.2.2	Pochozí střechy .....	14
1.2.3	Vegetační (zelené) střechy.....	15
1.3	Údržba střech .....	15
1.3.1	Čištění.....	16
1.3.2	Nátěr .....	17
1.3.3	Odstraňování sněhu .....	18
1.4	Servisní roboty používané na střechách .....	20
1.4.1	Robot na čištění okapů - Looj 330 .....	20
1.4.2	Robot na stříkání pěny nebo nátěrů.....	20
1.4.3	Robot na čištění solárních panelů – GEKKO .....	21
1.4.4	Robot na odklizení sněhu – ROBOPLOW .....	22
1.4.5	Robot na odklizení sněhu ze střech – ROOFUS .....	23
2	Požadavkový list.....	24
3	Varianty.....	25
3.1	Varianty podvozků .....	25
3.1.1	Kolový podvozek .....	25
3.1.2	Pásový podvozek.....	26
3.2	Varianty nástavců na odklizení sněhu .....	26
3.2.1	Sněhové fréza.....	27
3.2.2	Sněhový pluh .....	27
3.3	Varianty nástavců na čištění střechy .....	28
3.3.1	Válcový kartáč .....	28
3.3.2	Diskový kartáč .....	29
4	Hodnotová analýza .....	30
4.1	Výběr optimálního řešení podvozku .....	30
4.1.1	Hodnocená kritéria .....	30
4.1.2	Stupnice hodnocení .....	30
4.1.3	Přiřazení číselných hodnot ke kritériím u jednotlivých variant .....	30
4.1.4	Určení významnosti kritérii .....	30
4.1.5	Výpočet celkových indexů variant a výběr optimální varianty .....	31
4.2	Výběr optimálního řešení nástavců .....	31

4.2.1	Hodnocená kritéria .....	31
4.2.2	Stupnice hodnocení .....	32
4.2.3	Přiřazení číselných hodnot ke kritériím u jednotlivých variant .....	32
4.2.4	Určení významnosti kritérii .....	32
4.2.5	Výpočet celkových indexů variant a výběr optimální varianty .....	32
4.3	Tabulka shrnutých výsledků .....	33
5	Popis pásového servisního robota .....	34
5.1	Parametry .....	35
5.2	Rozložení vnitřního prostoru a konstrukce rámu .....	36
5.3	Konstrukce kol a jejich uložení .....	37
5.4	Mechanismus pro připojení nástavců .....	38
5.5	Pohon nástavců .....	40
5.6	Uložení baterii, kamery a úchyty pro jeřáb .....	41
6	Popis sněhové frézy .....	42
6.1	Parametry .....	43
6.2	Převod od spojky na šnek .....	44
6.3	Uchycení šneku .....	46
6.4	Otáčení komínu .....	47
7	Popis diskového kartáče .....	48
7.1	Parametry .....	49
7.2	Převod .....	50
7.3	Napínání řemene .....	51
7.4	Uložení kartáčů .....	52
7.5	Rozvádění vody .....	53
7.6	Rozvádění čistícího přípravku .....	53
8	Návrhy pohonů .....	54
8.1	Návrh hnacího pohonů .....	54
8.2	Návrh pohonů nástavců .....	58
8.2.1	Návrh pohonu sněžné frézy .....	58
8.2.2	Návrh pohonu diskového kartáče .....	61
8.2.3	Shrnutí výsledku a volba pohonu nástavců .....	63
9	Cenová bilance .....	65
10	Technicko-ekonomické zhodnocení .....	66
11	Závěr .....	67
12	Použitá literatura .....	68
13	Seznam příloh .....	71



## Seznam použitých značek

Značka	Veličina	Jednotka
<b>a</b>	zrychlení	$\text{m/s}^2$
<b>D</b>	průměr šneku	mm
<b>D<sub>1</sub></b>	průměr kartáče	mm
<b>f</b>	součinitel valivého tření	-
<b>F<sub>a</sub></b>	síla posuvných setrvačných hmot	N
<b>F<sub>c</sub></b>	celková síla	N
<b>F<sub>n</sub></b>	normálová síla	N
<b>F<sub>s</sub></b>	síla rotačních setrvačných hmot	N
<b>F<sub>t</sub></b>	třecí síla	N
<b>i</b>	koeficient plnění	-
<b>J<sub>1-3</sub></b>	momenty setrvačnosti	$\text{kg.m}^2$
<b>k</b>	koeficient bezpečnosti	-
<b>L</b>	délka šneku	mm
<b>m</b>	hmotnost robotu	kg
<b>M</b>	celkový moment	Nm
<b>m<sub>s</sub></b>	hmotnost sněhu	kg
<b>M<sub>s</sub></b>	moment šneku	Nm
<b>M<sub>t</sub></b>	moment turbíny	Nm
<b>n</b>	otáčky	$\text{min}^{-1}$
<b>P</b>	výkon	W
<b>R<sub>t</sub></b>	poloměr hnacího kola	mm
<b>t</b>	čas zrychlování	s
<b>v</b>	rychlost	m/s
<b><math>\alpha</math></b>	sklon střechy	°
<b><math>\beta</math></b>	sklon šnekovnice	°
<b><math>\varepsilon</math></b>	úhlové zrychlení	$\text{rad/s}^2$
<b><math>\vartheta</math></b>	součinitel rotačních částí	-
<b><math>\tau</math></b>	objemová hmotnost	$\text{kg/m}^3$

Tab. 1 - seznam použitých značek

## ÚVOD

V současné době se stále více začínají v domácnostech objevovat a uplatňovat robotické systémy jako jsou vysavače nebo sekačky. Ty šetří volný čas, kterého v dnešní uspěchané době moc není, a zároveň zvyšují pohodlí a bezpečnost v domovech.

Na trhu je o ně velký zájem a proto se hledají nové možnosti, kde všude by se daly roboty využít. Jednou z možných lokalit jsou střechy. Roboty na střechách se doposud nijak výrazně nepoužívaly, a proto je zatím na trhu v této oblasti místo. Toho si všimla jedna z největších firem zabývajících se roboty: iRobot. Před nedávnem na trh uvedla servisní robot na čištění střešních okapů za poměrně výhodnou cenu.

Nejdříve je nutné provést analýzu typu střech, ať už se jedná o jejich sklon nebo funkci. Podle toho určit, které střechy jsou z hlediska aplikace robotu nejpříjemnější. Také je potřeba zohlednit typy krytin a jejich vlastnosti.

Co se týká náplně práce robotů, bývá to nejčastěji údržba a monitoring. Při monitoringu je robot vybaven kamerou a hledá porušení povrchu střechy popřípadě jiné závady na střešních zařízeních. Pokud najde nějakou závadu, pověřená osoba ji opraví. Při údržbě je už robot vybaven nástrojem, kterým provádí samotnou servisní činnost. V tomto případě může být buď autonomní, kdy je řízen sofistikovaným řídicím systémem, který vyhodnocuje údaje ze senzorů, nebo je řízen pomocí operátora na dálku a autonomně provádí jen bezpečnostní opatření.

Z hlediska bezpečnosti je potřeba zajistit, aby robot nemohl poškodit povrch střechy a střešní krytiny. Zároveň také zajistit bezpečnost lidí v budově a jejím okolí, což platí zejména při odhazování sněhu ze střech, dále je třeba zohlednit způsob vyzvednutí na střechu a jeho využití v domácnostech nebo spíše u firem.

## 1 Analýza střech

### 1.1 Typy střech

Tvar a celkové provedení střechy závisí na místních klimatických podmínkách. V tropických a subtropických oblastech se například tradičně častěji uplatňují střechy ploché. Oproti tomu v mírných a chladných podnebných pásích jsou běžnější střechy šikmé.

Některé ploché střechy mohou zároveň sloužit jako prostor pro pohyb osob či vozidel (střechy pochozí či pojízdné). Jedná se často o střechy garáží, obchodních středisek, nádraží apod.

Střecha sklonitá (šikmá) někdy kromě funkce krytí prostoru slouží i dalším účelům, např. jako tribuna k sezení diváků na sportovištích. Takové střechy musí mít odpovídající konstrukční parametry, aby předpokládanou zátěž bez problémů unesly.




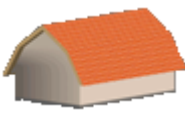


#### 1.1.1 Střechy z hlediska jejich sklonu

- **ploché** – sklon střešních rovin  $0-5^\circ$

Pro ploché střechy se doporučuje spád 5 %. Důvodem je nerovný povrch střechy způsobený průhyby a přesahy krytiny. Menší spád lze užít při jednotné povlakové krytině na rovném podkladu.

- **šikmé** – sklon do  $45^\circ$
- **strmé** – sklon nad  $45^\circ$

Pro šikmé a strmé střechy se používá souhrnný název sklonité střechy. Mají dřevěnou nebo kovovou střešní konstrukci. Podle geometrických tvarů lze tyto střechy rozdělit do několika skupin, které jsou znázorněné v Tab.2. Doporučené minimální sklony skládaných krytin, tzv. bezpečné sklony, které zajišťují funkčnost krytiny bez dalších doplňkových hydroizolačních opatření jsou uvedeny v ČSN 73 1901. [1]

					
Pultová	Sedlová	Valbová	Mansardová	Stanová	Pilová

Tab. 2 - typy sklonitých střech

### 1.1.2 Ploché střechy z hlediska jejich využití

#### - **standardní provedení střechy**

Standardní střecha ukončuje stavbu shora a chrání ji proti povětrnostním vlivům. Má za úkol odvádět vodu s horní části stavby a bránit jejímu nahromadění, jež by mohlo postupně konstrukci stavby poškodit zatékáním či růstem dřevokazných hub a plísní. Taky plní funkci izolační, kdy dobře zateplená střecha může ušetřit dost financí za vytápění objektu. V podnebných oblastech s častým sněžením musí být konstrukce střechy dostatečně pevná, aby váhu ležícího sněhu unesla. [2]



*Obr. 1 - standardní plochá střecha*

#### - **pochozí střecha – terasy**

Pochozí střechy jsou charakteristické svou kompaktní skladbou povrchu s velmi velkou pevností v tlaku. Jsou opatřeny bezpečnostními prvky, jako jsou zábradlí a zídky. Nejvíce se vyskytují v přímořských oblastech, kde slouží jako terasy, balkóny, restaurace a rozhledny. [2]



*Obr. 2 - pochozí střecha*

- **pojízdná střecha, parkoviště, plochy pro uložení zařízení**

Tyto ploché střechy slouží pro různé dopravní prostředky - osobní auta, nákladní auta i vrtulníky. Pojízdné plochy se realizují nejen na střechách objektů, ale i nad různými podzemními prostory a garážemi.

Do skupiny pojízdných střech je třeba zařadit i související příjezdové rampy a nájezdy nebo speciální druh - přistávací plochy, tzv. heliporty (Obr.4). Jsou většinou na střechách hotelů, administrativních budov a nemocnic, můžou se však objevovat i u soukromých obytných rezidencí. Skladba pojízdných střech musí odolávat především obrovskému zatížení. Velikost a druh zatížení je dán dopravním provozem a typy vozidel. [2]



*Obr. 3 - střešní parkoviště*



*Obr. 4 -heliport*

- **zelená střecha** – pouze pro vegetaci

Zelená střecha je střecha částečně nebo zcela pokrytá vegetací a půdou nebo pěstebním substrátem vysazovaným nad hydroizolační membránu. Střecha také může obsahovat další vrstvy, jako například kořenovou bariérou a odvodnění a zavlažování. Z hlediska dopadu na životní prostředí je dokázáno, že již 5% zatravnění střech ve městě je pro toto životní prostředí nezanedbatelným přínosem. Zelené střechy jsou dnes trendem doby a nedílnou součástí moderní architektury a urbanismu. Dá se očekávat, že v budoucnu bude těchto střech přibývat.





*Obr. 5 - zelená střecha pouze s vegetací*

- **pochozí a zelená střecha** – víceúčelové užití střechy



*Obr. 6 - pochozí a zelená střecha*

- **jiné úpravy** – vodní a jiné účelové plochy, uložení technologie



*Obr. 7 - jiné úpravy plochých střech*

Různé typy mohou být na střeše budovy kombinovány. Každá z těchto střech ale má jinou skladbu a většinou také nosnou konstrukci. [2]

## 1.2 Povrchy plochých střech

Povrch střechy zejména závisí na způsobu využití, zda střecha bude nepochozí, pochozí či vegetativní (zelená).

### 1.2.1 Nepochozí střechy

Při realizaci střechy, která se neplánuje využívat k dalším účelům se nejčastěji volí asfaltové pásy. Jedná se o povlakové krytiny, které vytváří základní hydroizolační vrstvu.

- asfaltové pásy:
- oxidované pásy - mají nevýhodu, že se pravidelně musí natírat reflexními barvami a špatně odolávají UV
- modifikované APP pásy - jsou více odolné UV záření, plasticky se deformují, nevhodná je jejich kombinace s oxidovanými asfalty
- modifikované SBS pásy - mají větší životnost, elasticky se deformují, mohou se kombinovat s oxidovanými pásy a je umožněno i mechanické kotvení

	oxidované pásy	APP modifikované	SBS modifikované
ohyb za studena	4°C	>-15°C	-25°C
bod tání	70°C	130°C	100°C

Tab. 3 - porovnání krytin

Teploty na povrchu ploché střechy dosahují až 60°C. Teplotním poměrům v České republice nejvíce vyhovují SBS pásy.

- Střešní folie:

Jsou vyrobeny buď z měkčeného polyvinylchloridu (mPVC), modifikovaného polyethylenu (PEC) anebo z olefinpolymerbitumenu (OCB). Svařuje se horkým vzduchem a je odolná proti UV záření. Mechanické vlastnosti (poměrné prodloužení při přetržení, pevnost v tahu, ohebnost) dávají fólii velkou odolnost proti nepříznivému vlivu pohybů, deformací i nerovností podkladu.

### 1.2.2 Pochozí střechy

Používá-li se střecha jako pochůzná (terasy, chodníčky), musí být kvalitně provedena hydroizolační vrstva a uložení pochůzích prvků na tuto vrstvu. To bývají dlaždice všeho druhu. Jednotlivé dlaždice se ukládají na podložky (rektifikovatelné, nerektifikovatelné), do písku, do maltového nebo betonového lože. Každé z těchto uložení má své výhody a nevýhody.

### 1.2.3 Vegetační (zelené) střechy

Hydroizolační materiály pro střešní zahrady musí být odolné proti prorůstání kořínků rostlin. Toho se docílí buď potažením nosné vložky mědí, případně vložením měděné folie, anebo rozptýlením aditiv odpuzujících kořínky rostlin. V každém případě by měla krytina mít tzv. atest FLL - Forschungsgesellschaft - Landschaftsentwicklung - Landschaftsbau, kterým je garantována odolnost hydroizolace proti prorůstání kořenů. Složení substrátu a tloušťka jeho vrstvy odpovídá požadavkům plánované vegetace. Typy substrátu se od sebe liší objemovou hmotností, propustností a maximálním obsahem vody. Substrát musí být propustný pro vodu, aby nedocházelo k tvorbě kaluží na jeho povrchu. [3] [4]

### 1.3 Údržba střech

Podle funkce a využití střechy je uzpůsobena její konstrukce a přístup. Mezi základní servisní úlohy na střechách lze zařadit:

- kontrola a údržba střechy včetně čištění spadu
- kontrola, údržba a výměna zařízení na střeše včetně zařízení pro využití sluneční energie
- údržba teras, vegetace, heliportu, speciálních střech (sportoviště, bazény apod.)

U zelených střech bývá údržba stejná jako u standardního trávníku:

- sečení trávy jeden krát týdně
- odstranění mechu a plevelů
- jeden krát do roka hnojení
- zavlažování
- odstraňování listů
- strojní provzdušnění

Kvůli širokému rozsahu využití plochých střech se práce dále zabývá jen nejběžnější údržbou, jejich vlastnostmi a využitím. Jedná se o čištění střech, nátěry a odklizení sněhu.



### 1.3.1 Čištění

#### a) Čištění střechy

Špína a nečistoty mohou způsobit korozi, protože povrch pod nimi zůstává stále vlhký. Také rapidně snižují životnost a užité vlastnosti, navíc špinavá střecha kazí dojem. Povrchovou úpravu je vhodné očistit měkkým kartáčem a vodou, případně tlakovou vodou. Pevně přichycené nečistoty lze odstranit pomocí čistícího prostředku vhodného pro povrchy s barevnou úpravou. Odolných nečistot se lze zbavit pomocí tkaniny namočené v lakovém benzínu. Poté, co čistící prostředek působí několik minut, tak je třeba střechu opláchnout. Nevhodné nebo příliš účinné čistící prostředky mohou poškodit barevnou povrchovou úpravu. [5]



*Obr. 8- znečištění střechy*

Čištěním sklonitých střech se zabývají specializované firmy, které mají většinou certifikát Českého horolezeckého svazu. Čištění probíhá pouze tlakovou vodou a to buď ručně wapkou nebo strojně metodou mosmatic. Tato metoda pracuje s velmi vysokým tlakem vody prostřednictvím rotačních trysek, které jsou v těsné a konstantní vzdálenosti od čištěného povrchu. Celý proces hloubkového čištění se odehrává pod hlavním krytem hlavice, která jednoznačně zamezí rozstřiku nečistot a vody. To především díky okamžitému odsávání do velkoobjemového zásobníku. [13]



*Obr. 9 - čištění sklonitých střech*

#### b) Čištění okapových systémů

Frekvence čistění okapů závisí na lokalitě domu, vegetaci v okolí, množství ptactva v dané lokalitě, druhu a stavu střešní krytiny aj. Pravidelným čistěním okapů lze zamezit

ucpávání okapových svodů, odtokových kanálků a okapových gulí, poškození střešních říms a jiným závažným poškozením. Částečně nebo zcela ucpané či špinavé okapové systémy mohou zamrznat a korodovat.



*Obr. 10 - znečištění okapů*

Okapy u vyšších domů je potřeba vyčistit ručně pomocí odborných pracovníků. Pro nižší domy lze pořídit ruční nástavec a okapy je možno čistit ze země. V posledních letech se na trhu objevil robot od firmy iRobot, který slouží pro čištění okapů a je podrobněji popsán v odstavci 1.4.1. [14]



*Obr. 11 - čištění okapů*

### 1.3.2 Nátěr

#### a) Obnova nátěru povrchové úpravy střechy

Před obnovou nátěru je potřeba zkontrolovat jestli střecha není někde poškozená. Objeví-li se výrazné místní poškození nebo bude-li povrchová úprava nepravidelně vybledlá, je nutno tyto nedostatky opravit. Dobu, kdy je třeba provést údržbu nátěru střechy, nelze přesně stanovit, neboť životnost barevných nátěrů závisí na mnoha faktorech. Svou roli hraje barva a typ nátěru, místní povětrnostní vlivy, sklon střechy, způsob výstavby a montáže. Nejméně příznivým podmínkám čelí povrchová úprava na jižní straně střechy, zejména pak, jestliže je barva povrchové úpravy tmavá. Barva se

nanáší štětcem nebo se sprejuje. Pro rozsáhle ploché střechy se používají robotické systémy pro sprejování barvy. [5]



*Obr. 12 - nanášení barvy*

#### b) Oprava nátěru a údržba hran okapů

Při nátěru okapů se používají pouze barvy vhodné k opravě povrchových úprav. Poškozená plocha by měla být opatrně zatřena štětcem. Pokud poškození zasahuje pouze do základové vrstvy stačí pouze jedna vrstva nátěru. Pokud však zasahuje až na zinkovou vrstvu, doporučuje se aplikovat nátěr ve dvou vrstvách. Druhou vrstvu až po důkladném zaschnutí první vrstvy. V záhybech a na hranách okapů se může vyskytnout koroze. U střech s nízkým sklonem k tomu dochází častěji. Nátěr je vhodné aplikovat zejména v přímořských lokalitách.

#### 1.3.3 Odstraňování sněhu

Mohutné sněžení v zimě způsobuje, že některé střechy nevydrží nápor sněhu. Každý majitel budovy je povinen zabezpečit ji tak, aby neohrožovala občany uvnitř ani venku, a to platí také o odstraňování sněhu ze střech budov. Zvýšené riziko nadměrného zatížení sněhem se v této souvislosti týká zejména stavebně a konstrukčně lehčích objektů, které mají rovné střechy zabírající velkou plochu (např. sklady, výrobní objekty, velké obchody). Ze světa známe několik případů takto zřícených střech, mnohdy i s tragickými následky. Obecně lze říci, že dlouhodobé (každoroční) zatížení střechy tunami sněhu výrazně zkracuje životnost střešní krytiny i samotné střechy. Obvykle se sníh na natřené střeše nebude držet a jeho hmotnost nepřesáhne zatížitelnost střechy. Pokud však bude nutné sníh ze střechy odstranit, doporučuje se na střeše ponechat vrstvu přibližně o výšce 20 mm, aby nedošlo během odstraňování sněhu k poškození povrchové úpravy střechy. Dobré je i zvolit vhodnou taktiku. Sníh odstraňovat rovnoměrně, nenahrnovat ho na jedno místo, ze sedlových střech odstraňovat sníh symetricky z obou střešních ploch současně. Je potřeba také dávat

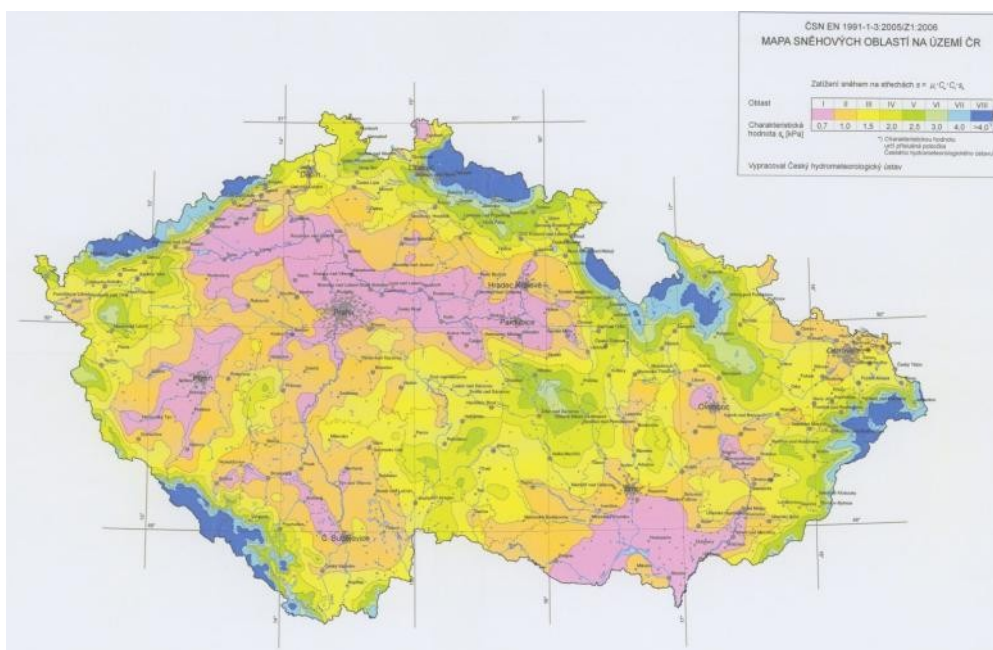


pozor při shazování sněhu ze střech do okolí, aby zbytečně nedošlo ke zranění chodců či přihlížejících nebo škodám na majetku. [5] [15]



Obr. 13 - sněh na střechách

Většina ČR se nachází v 1- 4. oblasti, kde je charakteristická hodnota zatížení sněhem od 0,7-2,0 kPa. V 8. oblasti určuje zatížení sněhem příslušný Hydrometeorologický ústav. Ve stavební dokumentaci jednotlivých objektů je uvedeno, kolik centimetrů prachového a těžkého sněhu může na konkrétní střeše maximálně ležet. [6]



Obr. 14 - mapa sněhových oblastí

Sněhová oblast	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<b>kN/m<sup>2</sup></b>	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	>4.0
<b>kg/m<sup>2</sup></b>	70	100	150	200	250	300	400	>480

Tab. 4- dimenzované zatížení střech

## 1.4 Servisní roboty používané na střechách

### 1.4.1 Robot na čištění okapů - Looj 330



*Obr. 15 - robot Looj 330*

Robot má rukojeť, která se před vložením do okapu musí odpojit. Lze na ní nastavit dva režimy: manuální nebo automaticky. Při manuálním ovládání slouží tato rukojeť jako ovladač, maximální dosah je 15 m. Při automatickém režimu robot snímá množství nečistot a posouvá se podle potřeby.

Robot je zepředu vybaven gumovou vrtulkou, která slouží pro odstranění listů a usazenin. Ty svou rotací vyhodí z okapu pryč. Tato vrtule může podle potřeby dosáhnout až 500 otáček za minutu. Za ní jsou umístěné platové kartáčky, které vyčistí okap od drobnějších nečistot. K pohybu využívá dvou pásů, které jsou umístěny po stranách těla robotu.

Při maximální rychlosti dokáže vyčistit 10 metrů okapů za 5 minut. Je napájen dobíjecí baterií li-ion 7.2 V, která má výdrž na 60 metrů. Je vodotěsný, takže po použití lze opláchnout ve vodě. Přibližná cena se pohybuje kolem 8000 Kč. [8]

### 1.4.2 Robot na stříkání pěny nebo nátěrů



*Obr. 16 - robot na nanášení nátěru*

Sprejovací roboty byly původně využívány na nanášení ochranných barev a pěn na rovné střechy nebo střechy s mírným sklonem. V poslední době se však začínají používat na nanášení elastomerů na podlahy a jiné horizontální plochy.

Robotické nanášení krycích hmot má spoustu výhod. Přesná tloušťka vrstvy, rovnoměrné nanášení, zvýšení produktivity, odstranění rutinní práce a zkrácení celkového času.

Některé roboty jsou menší a navrženy tak, aby jezdily vedle sebe nebo za sebou. Jiné zase aby se daly ovládat operátorem. Cena robotu se pohybuje v rozmezí 200 000 – 700 000 Kč.

Nanášená barva je umístěna v zásobníku a pomocí hadic přiváděna k rozstřikovací pistoli robotu. Na robotu lze nastavit vzdálenost mezi střechou a pistolí, šířka rozstříku, tloušťka nanášené vrstvy a rychlost pohybu. Na konstrukci robotu je krytí, které zabraňuje větru ovlivňovat směr rozstřikovaného materiálu. [9]

#### 1.4.3 Robot na čištění solárních panelů – GEKKO



*Obr. 17 -robot Gekko na čištění solárních panelů*

Čištění solárních panelů pomocí přírodních vlivů tj. déšť a sníh je nedostatečné. Na panelech se usazuje prach, mechy a lišejníky, ptačí trus a emise vypouštěné z průmyslových oblastí. Pro udržení maximálního výkonu solárních panelů je potřeba jednou za čas je umýt. Podobně jsou na tom střechy pokryté foliemi (PVC). Pokud se neudrží, snižuje se jejich životnost a zhoršují se vlastnosti.

Gekko roboty byly původně vyvinuty pro čištění fasád mrakodrapů. Normálně je robot vybaven rotačním čisticím kartáčem, ale podle potřeby se dá nahradit různými nástroji.

Tyto roboty se mohou pohybovat buď autonomně, nebo jsou dálkově ovládány. Jako jeden z mála se dokáže pohybovat po svislých plochách. Má několik počítačově řízených gumových antiskluzových přísavek, které se pohybují po dráze ve směru písmena D. To umožňuje robotu pohybovat v jakémkoliv směru. Speciální software ovládá každou přísavku zvlášť, pokud dojde k nějaké chybě, program automaticky udělá korekci pohybu. [10]

#### 1.4.4 Robot na odklizení sněhu – ROBOPLOW

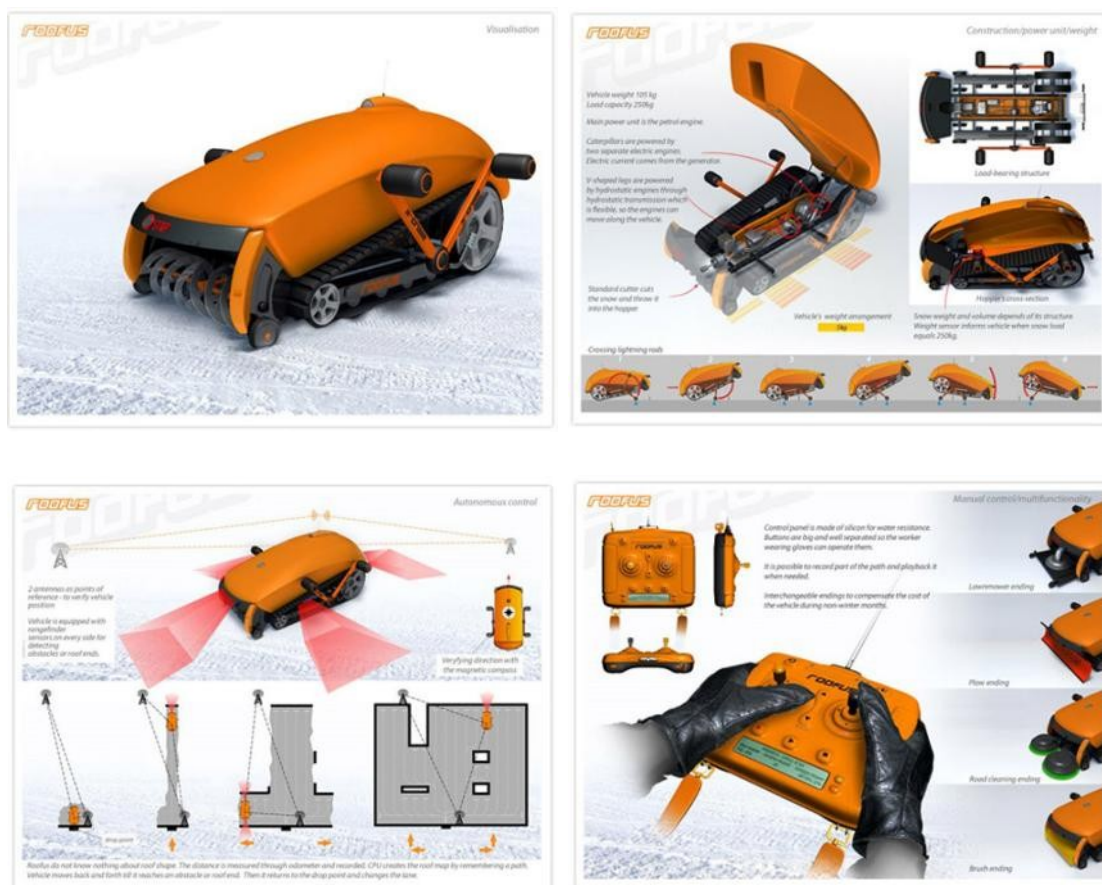


*Obr. 18 - servisní robot ROBOPLOW*

Tento robot slouží pro snadné a rychlé odstraňování sněhu z chodníku a cestiček. Je dálkově ovládán přes hifi pomocí operátora. Nemá autonomní režim tak je potřeba bezpečně kontrolovat směr kam jede a dávat pozor na překážky. Na střeše má umístěnou kameru, s kterou lze otáčet, a jsou kolem ní LED světla pro lepší vidění v horších světelných podmínkách. Díky ní může operátor ovládat robota z domova kde je teplo. Mobilní systém tvoří 6 kol, které jsou řízené diferenčně. Vepředu má pneumatickou lopatu na sníh o šířce 127 cm, se kterou jde natáčet do všech směrů. [11]



### 1.4.5 Robot na odklizení sněhu ze střech – ROOFUS



Obr. 19 - robot Roofus

Robot Roofus, jak už jeho název vypovídá, je navržen na odklizení sněhu z velkých plochých střech, jako jsou obchodní centra, haly a skleníky a má zajistit bezpečnost lidí v budově.

Na střechu se musí vyzvednout pomocí jeřábu nebo je-li to možné, tak vyvést po schodišti. Robot lze ovládat dálkově nebo se pohybuje autonomně. Orientuje se pomocí vysílačů, které jsou rozmístěné na střeše. Po všech stranách má infra senzory, které detekují překážky nebo okraj střechy.

Lokomoční ústrojí je tvořeno dvěma pásy, které se ovládají diferenčně pomocí dvou motorů. V přední části je sněžná fréza, která přesouvá sníh do zásobníku v robotu o kapacitě 100 kg. Jakmile se dostane na okraj střechy, tak zásobník vysype.

Sněžnou frézu lze vyměnit za nástavce na sekání trávy, sněžný pluh, kartáče na uklízení cesty. Momentálně je tento robot pouze ve fázi vývoje a není realizován. [12]



## 2 Požadavkový list

Z vypracované rešerše vyplývá, že je několik typů střech a na každé střeše je možno provádět několik servisních úloh. Některé servisní roboty lze použít na střeše jen díky tomu, že jsou univerzální a mají vyměnitelné nástavce. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto navrhnout univerzální servisní robot, který má snadno vyměnitelné nástavce. A dále navrhnout nástavce pro 2 různé činnosti.

	Parametr	Hodnota
<b>Servisní robot</b>	Typ pohonů	elektropohony
	řízení	smykem
	Max. rychlost	4 km/h
	Max. šířka	700 mm
	nástavce	vyměnitelné
	Výdrž baterii	2 h
	Ovládání	operátorem
<b>Prostředí</b>	Prostředí	outdoor
	Teplota	-20 až +40 °C
	Povrch	beton, asfalt, PVC, sníh
	Max spád střechy	10°
	Výška překážek	do 10 mm (kabely)
<b>Nástavce</b>		
<b>Odklizení sněhu</b>	Ponechat vrstvu sněhu	20 mm
	Šířka záběru	800 mm
	Odstraňování sněhu	rovnoměrné
<b>Čištění povrchu</b>	Čištění	Kartáči, vodou, čisticím
	Vlákna kartáčů	plastová
	Přívod vody	externí hadicí
	Čisticí prostředek	Dávkování na potřebné místa

Tab. 5 - požadavkový list

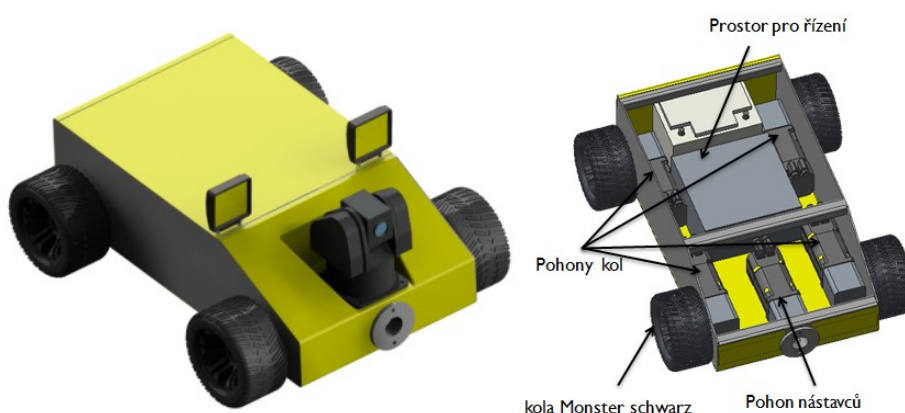
### 3 Varianty

#### 3.1 Varianty podvozků

Jsou navrženy dvě varianty s různým lokomočním systémem. Důraz je kladen na bezpečný pohyb po plochých střechách bez většího rizika porušení nebo poškození krytiny.

Dalším důležitým hlediskem je univerzálnost, možnost použít robot nejen na střechy ale třeba i na pozemní komunikace, chodníky a ledové plochy.

##### 3.1.1 Kolový podvozek



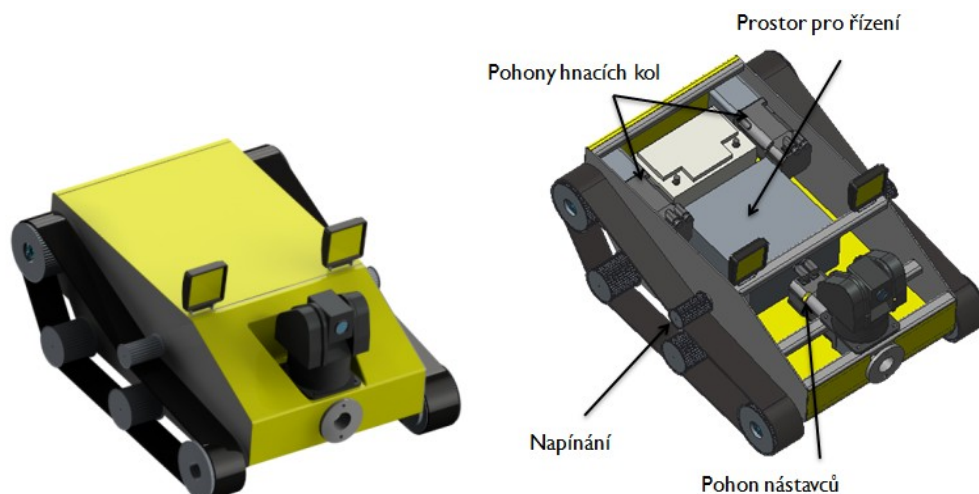
Obr. 20 - varianta kolového podvozku

Rám servisního robotu je svařený z výpalku plechu a čtvercových profilů trubek. Po stranách jsou umístěny 4 kola Monster schwarz, které se používají pro RC modely. Robot je řízen diferenčně, proto je pro každého kolo jeden pohon s převodovkou. Kola jsou uloženy na ložiskách, které zachycují jak síly radiální, tak síly axiální. V přední části robotu je umístěna otočná kamera, která slouží k orientaci operátora v prostoru. Pod kamerou je umístěn pohon pro nástavce. Nástavce se musí ručně mechanicky připevnit a zajistit. V zadní části robotu je uložený akumulátor a uprostřed je ponechán prostor pro řídicí jednotku a další potřebné řídicí prvky.

Parametr	Hodnota
Počet pohonů	4
Přibližná hmotnost	90 kg
Vnější rozměry (š x d x v)	750 x 1000 x 400

Tab. 6 - parametry kolového servisního robotu

### 3.1.2 Pásový podvozek



Obr. 21 - varianta pásového podvozku

Rám robotu je sestaven na stejném principu jako u kolového podvozku. V zadní části jsou umístěny pohony s převodovkou, které pohání ocelovou řemenici. Ta slouží jako hnací kolo. Pás tvoří ozubený řemen, na který jsou z venku navulkanizované zuby. Ze spodu jsou dvě přítlačné kola a jedno hnané. Pro napínání pásu slouží napínák, který je uložen z vnější strany rámu.

Parametr	Hodnota
Počet pohonů	2
Přibližná hmotnost	110 kg
Vnější rozměry (š x d x v)	700 x 900 x 450

Tab. 7 - parametry pásového podvozku

### 3.2 Varianty nástavců na odklizení sněhu

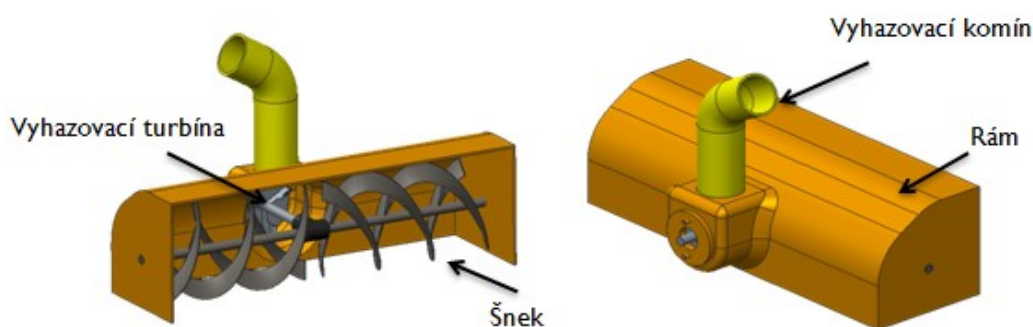
Pro nástavec na odklizení sněhu jsou navrženy dvě varianty, které vycházejí z nejpoužívanějších metod. Jedná se o sněhovou frézu a sněhový pluh.

Důraz je kladen na bezpečnost. Při shrnování sněhu dolů ze střechy se musí zajistit bezpečné vyklizení prostoru.

Taky by se neměl sníh nadměrně hromadit na malé ploše, aby nedošlo k překročení nosnosti a následnému porušení střechy.

Dalším požadavkem je ponechání malé vrstvy sněhu, aby při jeho odklizení nedošlo k porušení krytiny.

### 3.2.1 Sněhové fréza

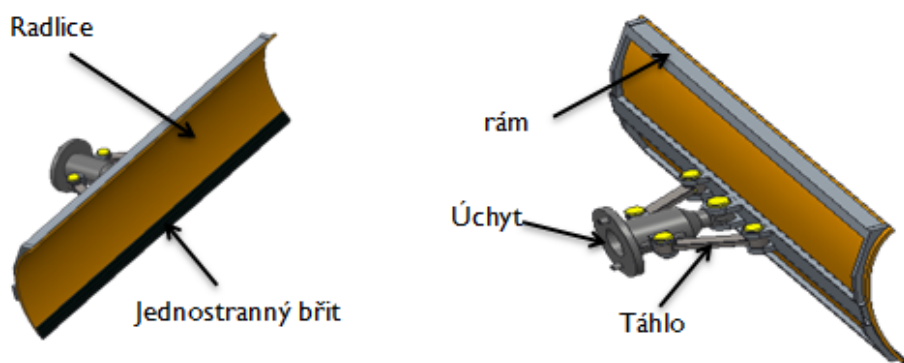


Obr. 22 - sněhová fréza

Tato sněhová fréza je dvou fázová. To znamená, že sníh je v 1. fázi přihrnován šnekem k ústí vyhazovací turbíny a v 2. fázi je turbínou vytlačen přes odhazovací komín nastaveným směrem. Tato konstrukce umožňuje rychle odklidit velké množství sněhu.

Rám je svařený z výpalku ohnutého plechu. Na zadní části jsou výstupky, které slouží pro mechanické připojení nástavce. Zároveň se tam nachází vstupní hřídel, která propojuje pohon ze servisního robotu s frézou. Ta pohání vyhazovací turbínu a přes ozubený převod šnek frézy, který je svařený ze segmentů a připevněn k hřídeli. Pro natočení vyhazovacího komínu slouží krokový motor, který je umístěn ze zadu na krytu frézy.

### 3.2.2 Sněhový pluh



Obr. 23 - sněhový pluh

Sněhový pluh má jednostranný břit, který je optimálně tvarovaný pro lepší odsunování sněhu do stran. Tlačný rám je svařený z ocelových profilů a výpalku plechu. Pluh se k robotu připevňuje pomocí připojovacího segmentu. Ten se musí ručně připojit a mechanicky zajistit. Uvnitř je spojka, která přenáší moment ze servisního robotu na nástavec. Tento moment je pomocí ozubení převáděn na lineární pohyb. Ten pohybuje se dvěma táhly, které jsou otočně uloženy a dochází k natočení pluhu. Velkou

nevýhodou tohoto nástavce je zvýšení požadavků na pohon servisního robotu, zvýšené riziko porušení střechy a koncentrování sněhu na jednom místě.

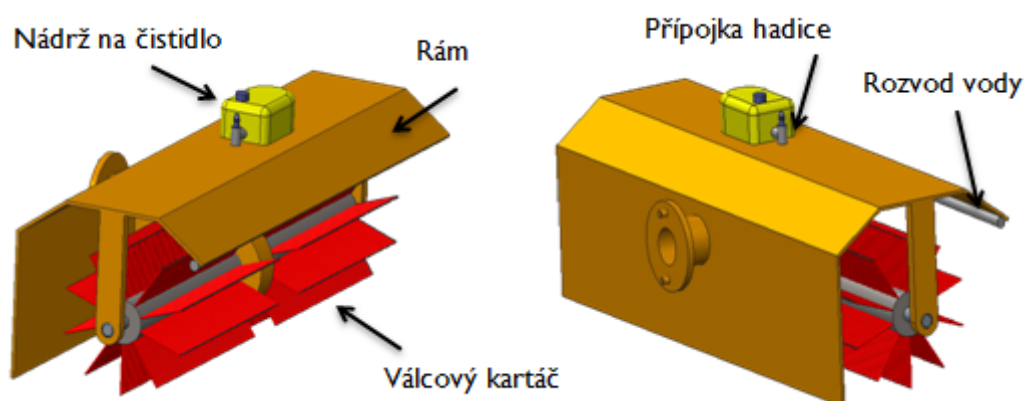
### 3.3 Varianty nástavců na čištění střechy

Obě navržené varianty vycházejí z technologického postupu čištění střechy. Kvůli komplikovanému vytvoření tlakové vody je použita voda z vodovodu, která odplavuje nečistoty ze střechy.

Na odstranění odolnějších typu nečistot a usazenin slouží kartáče. Musí mít vhodné štětiny, které nemůžou poškodit povrch střechy.

Na odstranění nejodolnějších nečistot se používají speciální čisticí prostředky, které se aplikují pouze na požadované místo a tam se určitý čas nechají působit. Potom se opláchnou vodou a kartáči.

#### 3.3.1 Válcový kartáč

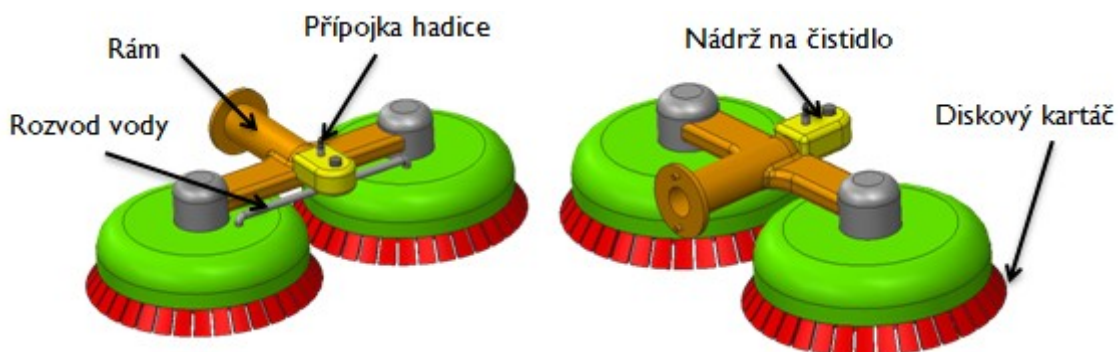


Obr. 24 - válcový kartáč

U tohoto nástavce je kladen poměrně velký důraz na provedení kartáče. Je potřeba zvolit vhodné štětiny, jejich rozložení, velikost a materiál. Proto je kartáč vyroben na zakázku od odborné firmy.

Pro pohyb kartáče je použit řetězový převod, poháněný pohonem umístěným v robotu. Rám je tvořen ohnutým plechem a vyztužený svařencem z ocelových profilů. Na horní ploše je umístěna nádržka na čisticí prostředek a taky hubice pro připojení hadice s vodou. Dávkování a průtok vody je řízen elektroventily. Kapalina je rozváděná pomocí systému trubek a hadic před kartáče.

### 3.3.2 Diskový kartáč



*Obr. 25 - diskový kartáč*

U této varianty jsou použity dva diskové kartáče, které jsou uloženy vedle sebe. Štětiny mají rozmístěné na podstavné ploše válce a jako v předchozí variantě je kladen důraz na jejich provedení, rozmístění a materiál.

Oba dva kartáče jsou poháněny zároveň jedním klínovým řemenem. Hnací řemenice je uložena mezi kartáči v nosném rámu. Tento rám slouží pro uchycení nástavce k robotu a zároveň tvoří nosnou část celé konstrukce. Na přední části je umístěna nádržka pro čistící přípravek a přípojka hadice. Rozvádění kapaliny a čistícího přípravku je zajištěn systémem trubek a elektroventilů.

## 4 Hodnotová analýza

### 4.1 Výběr optimálního řešení podvozku

Hodnotová analýza je postup, díky kterému je zvolena optimální varianta. K jejímu provedení je třeba si zvolit kritéria a k nim přiřadit číselnou hodnotu podle bodové stupnice hodnocení.

#### 4.1.1 Hodnocená kritéria

Označení kritéria	Název kritéria	Popis kritéria
1	Hmotnost	Přibližná hmotnost robotu
2	Počet pohonů	Počet použitých pohonů
3	Vliv na střechu	Rovnoměrné rozložení hmotnosti robotu na povrch střechy, možnost poškození
4	Složitost konstrukce	Složitá montáž a výroba některých částí
5	Stabilita	Stabilita při přejíždění možných překážek

Tab. 8 - hodnocená kritéria u podvozků

#### 4.1.2 Stupnice hodnocení

Vysoká úroveň	6
Dobrá úroveň	5
Průměrná úroveň	4
Nízká úroveň	3
Nevyhovující úroveň	2
Nepříznivý stav	1

Tab. 9 - stupnice hodnocení

#### 4.1.3 Přiřazení číselných hodnot ke kritériím u jednotlivých variant

	Kritérium 1	Kritérium 2	Kritérium 3	Kritérium 4	Kritérium 5
Kolový podvozek	4	3	3	4	4
Pásový podvozek	3	5	5	3	5

Tab. 10 - přiřazení hodnocení kritérii

#### 4.1.4 Určení významnosti kritérii

Pomocí metody porovnávání párů určíme váhy významnosti jednotlivých kritérií. Pomocí těchto vah významnosti a počtů bodů přiřazeným jednotlivým variantám můžeme spočítat konečný počet bodů jednotlivých variant a tím zjistit, která je optimální (Optimální varianta získá nejvyšší počet bodů.).

Pro váhu významnosti  $q$  byla zvolena lineární závislost.

$$q = 0,25 \cdot v + 0,75$$

Trojúhelníková metoda porovnávání páru						
Porovnané páry kritérií				Počet voleb	Pořadí	Váha významnosti
K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	2,5	2.	1,375
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	2	3.	1,25
		K3 K4	K3 K5	3,5	1.	1,625
			K4 K5	0,5	5.	0,875
				1,5	4.	1,125

Tab. 11 - významnost kritérií

#### 4.1.5 Výpočet celkových indexů variant a výběr optimální varianty

Po přidělení bodů jednotlivým variantám, byly tyto body vynásobeny vahou významnosti a byl proveden celkový součet vážených indexů, který určil optimální variantu.

Kriterium	Váha významnosti	Kolový p.		Pásový p.	
		b	Vážený index	b	Vážený index
K1	1,375	4	5,5	3	4,125
K2	1,25	3	3,75	5	6,25
K3	1,625	3	4,875	5	8,125
K4	0,875	4	3,5	3	2,625
K5	1,125	4	4,5	5	5,625
Celkový součet vážených indexů		22,125		26,75	

Tab. 12 - výběr optimální varianty

## 4.2 Výběr optimálního řešení nástavců

U výběru vhodných nástavců byla zvolena hodnocená kritéria tak, aby bylo možné porovnat všechny nástavce současně.

### 4.2.1 Hodnocená kritéria

Označení kritéria	Název kritéria	Popis kritéria
1	Hmotnost	Přibližná hmotnost nástavce
2	Složitost konstrukce	Složitá montáž a výroba některých částí
3	Vnější tvar	Kladení odporu při pohybu robotu a design
4	Plnění funkce	Dosahy, vynechávané místa

Tab. 13 - hodnocená kritéria nástavců



#### 4.2.2 Stupnice hodnocení

Vysoká úroveň	6
Dobrá úroveň	5
Průměrná úroveň	4
Nízká úroveň	3
Nevyhovující úroveň	2
Nepříznivý stav	1

Tab. 14 - stupnice hodnocení

#### 4.2.3 Přiřazení číselných hodnot ke kritériím u jednotlivých variant

		Kriterium 1	Kriterium 2	Kriterium 3	Kriterium 4
Odstraňování sněhu	Sněhová fréza	3	4	5	4
	Sněhový pluh	4	3	3	3
Čištění	Válcový k.	3	3	3	4
	Diskový k.	4	4	4	5

Tab. 15 - ohodnocení kritérií u nástavců

#### 4.2.4 Určení významnosti kritérií

Trojúhelníková metoda porovnávání páru					
Porovnané páry kritérií			Počet voleb	Pořadí	Váha významnosti
K1 K2	K1 K3	K1 K4	1	3.	1
	K2 K3	K2 K4	0,5	4.	0,875
		K3 K4	2,5	1.	1,375
			2	2.	1,25

Tab. 16 - určení váhy významnosti

#### 4.2.5 Výpočet celkových indexů variant a výběr optimální varianty

Kriterium	Váha významnosti	Odstraňování sněhu				Čištění			
		Fréza		Pluh		Válcový k.		Diskový k.	
		b	Vážený index	b	Vážený index	b	Vážený index	b	Vážený index
K1	1	3	3	4	4	3	3	4	4
K2	0,875	4	3,3	3	2,625	3	2,625	4	3,5
K3	1,375	5	6,875	3	4,125	3	4,125	4	5,5
K4	1,25	4	5	3	3,75	4	5	5	6,25
Celkový součet vážených indexů		18,375		14,5		14,75		19,25	

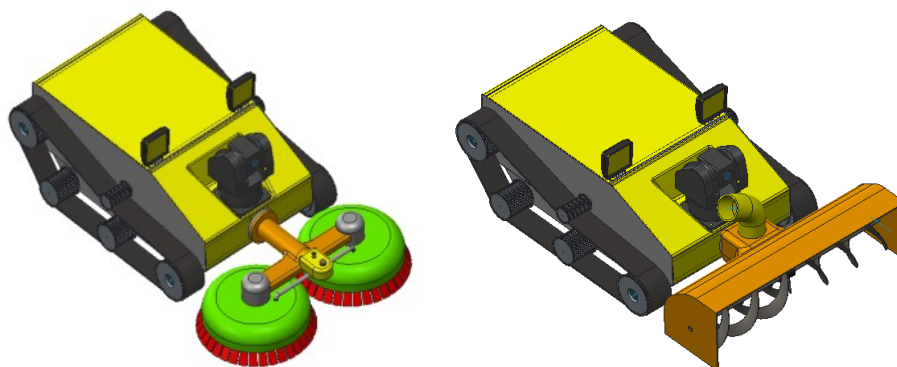
Tab. 17 - výběr optimálních variant

#### 4.3 Tabulka shrnutých výsledků

	Varianta	Body	Pořadí
Podvozek	Kolový	22,125	2.
	Pásový	26,75	1.
Odstraňování sněhu	Fréza	18,375	1.
	Pluh	14,5	2.
Čištění	Válcový k.	14,75	2.
	Diskový k.	19,25	1.

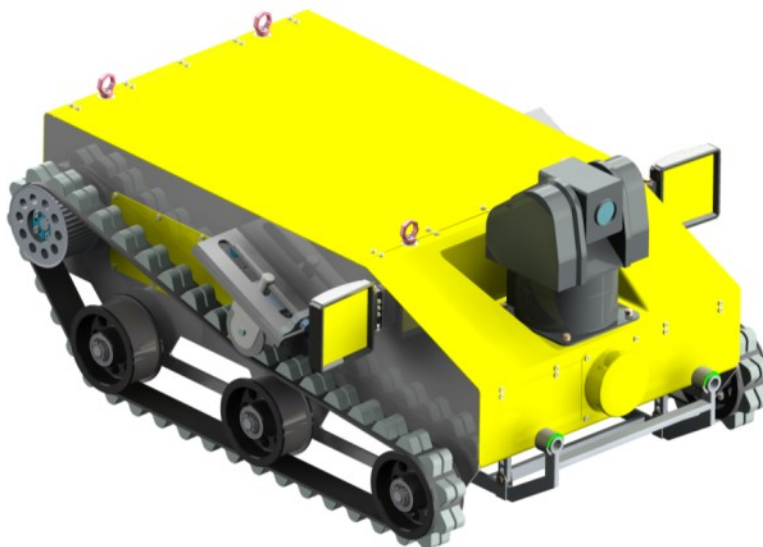
Tab. 18 - shrnutí výsledků

Vítězné varianty:



Obr. 26 - vítězné varianty

## 5 Popis pásového servisního robotu



*Obr. 27 - konstrukčně dořešená optimální varianta*

Servisní robot je řízený smykem a pohybuje po dvou pásích. Hnací kolo je uloženo v zadní části robotu, zatímco hnané kolo je ve předu. Poloměr předního kola a typ pásu dovoluje robotu snadno přejet různé typy kabelů a nižší překážky. Další dvě kola jsou přítlačné a slouží k rovnoměrnějšímu rozložení váhy a lepšímu přilehnutí pásu k povrchu.

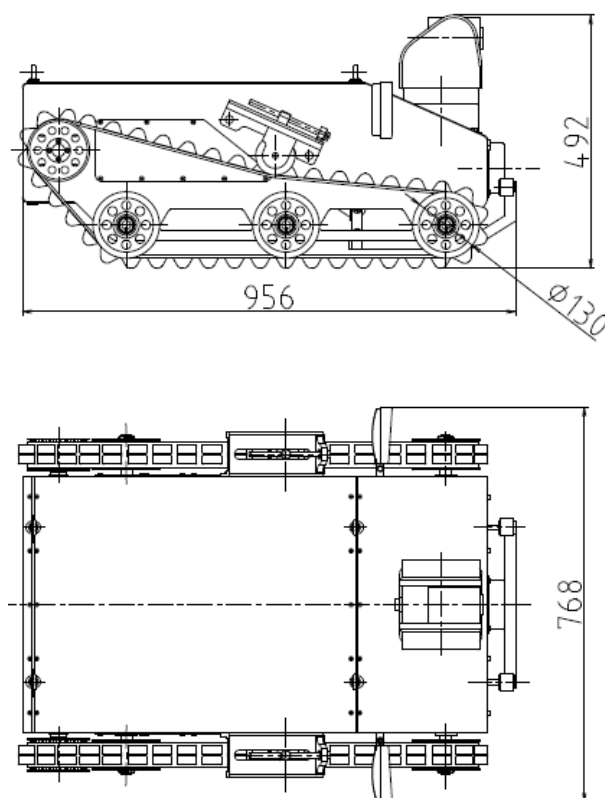
Kvůli rozsahu diplomové práce bylo vedoucím navrženo, aby byl pro systém uložení a napínání pásu použit stejný princip, který je realizovaný u robotu Ares. Ten prošel řadou testů a je doladěn do funkční podoby. Oproti robotu Ares jsou provedeny změny v rozmístění kol, profilu pásu a uložení hnacího kola.

Robot je určen pro ploché střechy s maximálním spádem do 10°. Největší uplatnění nalézá u rozsáhlých hal a obchodních středisek. Pokud se na střeše vyskytují vyšší překážky než kabely nebo pokud je střecha rozdělená na více pater, je potřeba na střechu umístit nájezdové plošiny, po kterých by se robot dostal do všech míst.

Pokud by se uvažovalo o trvalém umístění robotu na střeše, je potřeba zbudovat přístřešek, ve kterém by byly potřebné zdroje energie. Plnil by funkci dokovací stanice a zároveň jako úložiště pro nástavce. Taky by robot chránil před vlivem vnějšího prostředí. Pro autonomní řízení robotu je potřeba robot osadit množstvím senzorů a propracovaným řídicím systémem.

Při jednorázovém využití robotu na střeše je výhodnější robot na střechu vyzvednout pomocí jeřábu a po ukončení práce ho zase sundat. K uchycení na jeřáb slouží 4 vázací body.

## 5.1 Parametry

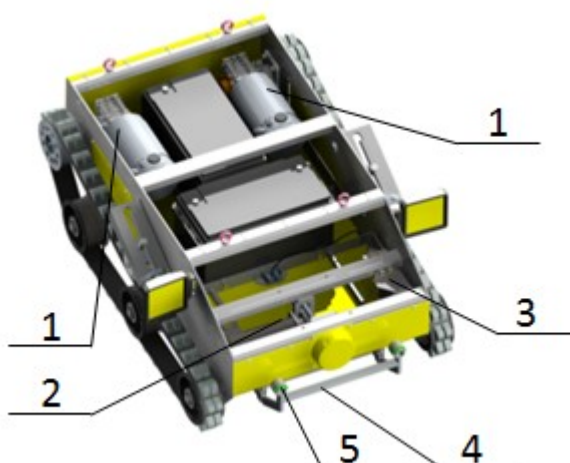


Obr. 28 - vnější rozměry robotu

Parametr	Hodnota
Délka	956 mm
Šířka	768 mm
Výška	492 mm
Hmotnost	137 kg
Výdrž baterií	2 h
Výška nadzvednutí nástavců	30 mm
Max hmotnost nástavců	20 Kg

Tab. 19 - parametry servisního robotu

## 5.2 Rozložení vnitřního prostoru a konstrukce rámu



Obr. 29 - vnitřní prostor servisního robotu

Uvnitř robotu jsou umístěné 3 druhy pohonů. Nejvýkonnější stejnosměrné pohony (1) jsou pro pohyb servisního robotu. Dalším druhem pohonu je motor s převodovkou od firmy maxon (2), který slouží pro pohánění nástavců. Přenášení momentu z robotu na nástavec je řešeno bezdotykově pomocí magnetické spojky, která umožňuje vychýlení a nepřesnosti v připojení nástavců. Posledním typem je lineární pohon (3) od firmy linak, který pomocí bowdenu slouží k nadzvedávání nástavců.

Na spodní části robotu je uložen mechanismus (4), který pracuje na principu paralelogramu. Díky němu je možné nástavce zvedat a tím měnit přítlak kartáčů nebo výšku ponechané vrstvy sněhu. Na konci mechanismu jsou dva mechanické úchyty (5), které pracují na principu kuličkových zámku a slouží k snadnému připojení a zajištění nástavců.

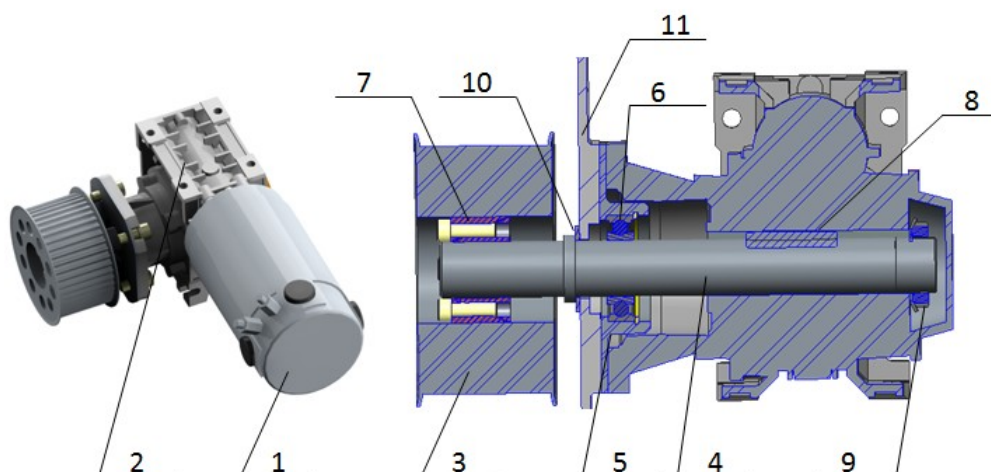
Protože se předpokládá, že robot je řízen pomocí operátora byla zvolena kamera, která umožňuje libovolné natáčení a je odolná proti vnějším projevům počasí. Je vhodně umístěna v přední části robotu tak, aby bylo možno vidět přes nástavce. Další senzory a způsob jejich řízení a rozmístění nebyl z důvodu rozsáhlosti této práce dořešen.

Rám (Obr.30) je koncipován jako svařenec. Boční strany jsou vypáleny z plechu tloušťky 4 mm s otvory pro odlehčení konstrukce. Díry pro uložení kol jsou vyvrtané dodatečně, aby byla zachována potřebná přesnost. Mezi bočnice jsou přivařené obdélníkové trubky a L profily, které zpevňují rám a slouží pro připojení krytů a ostatních komponentů.



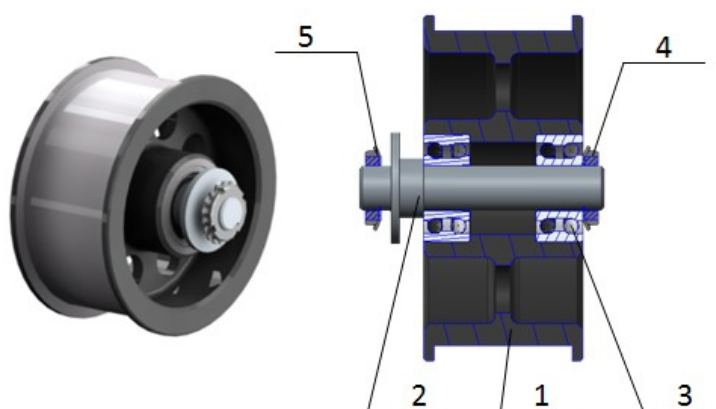
Obr. 30 - svařovaný rám

### 5.3 Konstrukce kol a jejich uložení



Obr. 31 - uložení hnacího pohonu

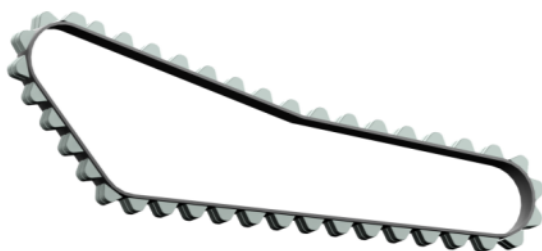
Jako hlavní pohony kol slouží stejnosměrné pohony EC-350 (1) od firmy TRANSTECNO [16], které jsou připojeny na šnekovou převodovku (2) od stejné firmy. Pohon s převodovkou je přišroubovaný na ložiskový domek (5) a následně na rám robotu (11). V domku je uloženo kuličkové ložisko (6), které zachytává radiální síly od napínání pásu a snižuje zatížení převodovky. V něm je nasunutá hnací hřídel (4) a pomocí těsného pera (8) přenáší moment z převodovky na kolo. Z jedné strany je přitlačena na kluzný axiální kroužek (10) a ze strany druhé je zajištěna za převodovkou KM maticí a podložkou (9). Na hnací hřídel je nasunuta ozubená řemenice (3) a její uchycení je řešeno pomocí svěrného pouzdra řady TLK 350 (7) [17].



Obr. 32 - uložení přitlačného kola

Přítlačné kola nemají zuby a slouží k vedení pásu a rovnoměrnému rozložení hmotnosti robotu. Základem je nosná hřídel (2), která je uložena s přesahem v rámu robotu a zajištěna KM maticí a podložkou (5). Na ní je nasunuto kolo (1), ve kterém

jsou uložena dvě ložiska s kosoúhlým stykem (3) a jsou zajištěny rovněž KM maticí a podložkou (4).



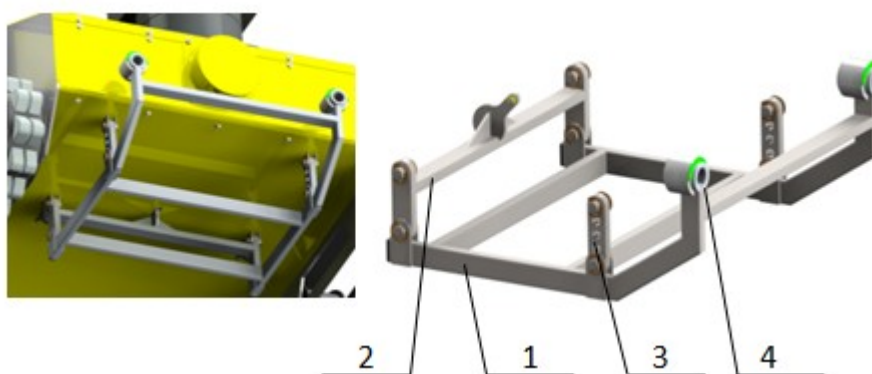
*Obr. 33 - pás robotu*



*Obr. 34 - napínák pásu*

Pásky robotu (Obr. 33) jsou z ozubeného řemene, na který jsou z vnější strany navulkanizované články. Původní pás s robotu Ares byl určen na schodolez a pro použití na střechách je nevhodný. Proto byl změněn profil článku, jeho ostré přechody byly zaobleny s ohledem na krytinu střechy. Pro napínání se používá totožný napínák (Obr. 34) z robotu Ares [18]. Je uložen po stranách robotu a přichycen pomocí dvou čepů zajištěných KM maticí a podložkou.

#### 5.4 Mechanismus pro připojení nástavců



*Obr. 35 - částí zvedacího mechanismu*

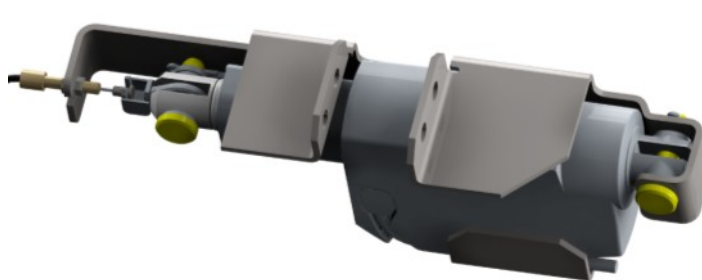
Mechanismus pro připojení nástavců funguje na principu paralelogramu. Je uchycen ze spodní části robotu pomocí 4 úchyty, které jsou přivařeny na rám robotu. Skrz úchyty jsou nasunuté čepy, které jsou z obou stran zajištěné třmenovými kroužky. Navíc ve všech kloubech jsou uloženy kluzné pouzdra od firmy IGUS [19], které snižují tření a zvyšují životnost mechanismu (Obr. 35).

Mechanismus se skládá ze 4 částí. Nosný rám (1) je svařený z obdélníkových trubek a jsou na něm přivařeny úchyty pro vložení čepů. V přední části, jsou rovněž přivařené

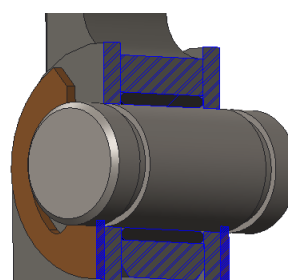


dva kuličkové zámky (4) pro připojení nástavců. V zadní části je uloženo táhlo (2), které pohybuje s mechanismem a jeho připojovací část zasahuje skrz kryt do vnitřního prostoru robotu. U prostřed nosného rámu jsou dvě přídržné ramena (3).

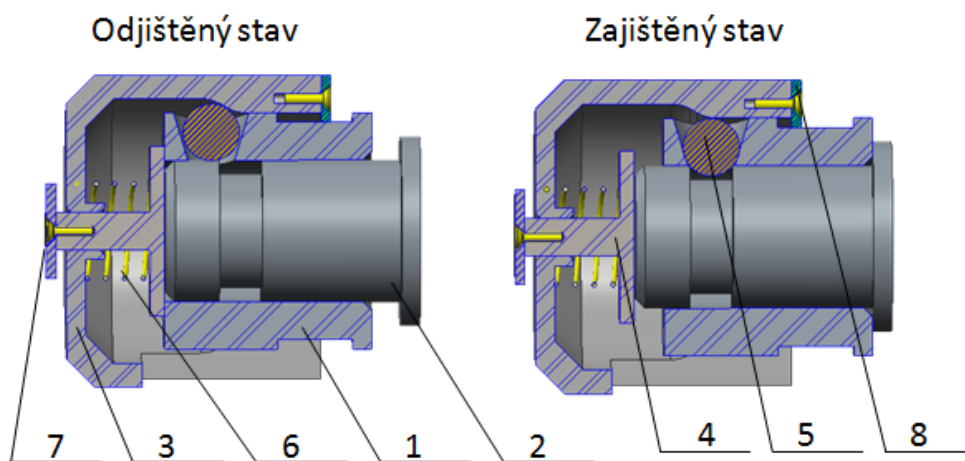
Pro zvedání mechanismu nástavců (Obr. 35) je určen lineární pohon firmy LINAK (Obr. 36) [20], ten je umístěn v přední části robotu. K jeho uchycení slouží plechový výpalek, který je ohnutý do požadovaného tvaru a pomocí šroubu uchycen k rámu robotu. Z důvodu nedostatku prostoru v robotu nebylo možné uložit pohon v ose požadovaného pohybu. Proto je přenášení lineárního pohybu řešeno pomocí bowdenu od firmy CarlStahl [21]. Která nabízí různé typy lanek včetně koncovek pro uchycení.



*Obr. 36 - lineární pohon*



*Obr. 37 - uchycení pomocí čepů*



*Obr. 38 - princip připojení nástavců*

Kuličkové zámky slouží pro pevné uchycení nástavců, poskytují dobrou stabilitu a nástavce se dají snadno a rychle vyměnit.

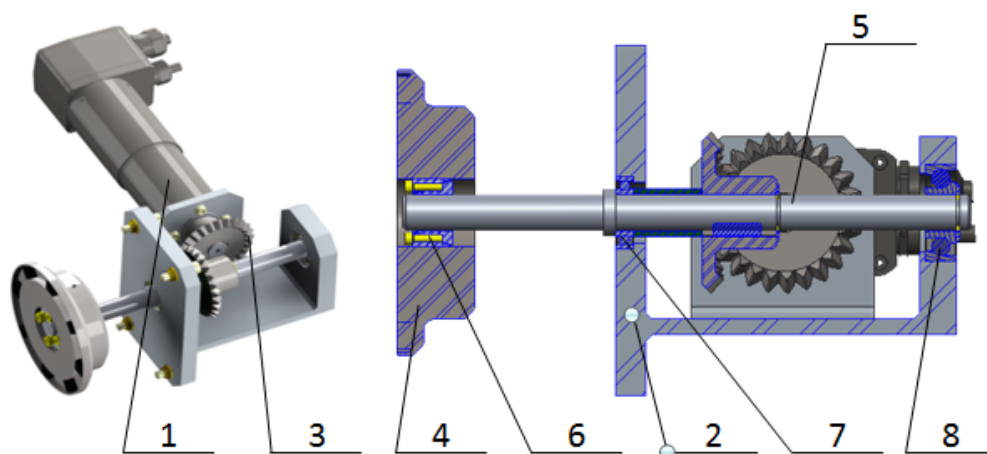
Základem je třmen (1), který je přivařený na zvedacím mechanismu. V něm jsou po obvodu vyvrtané a zkosené tři díry, ve kterých jsou umístěné zakalené kuličky (5) o průměru 6 mm. Do třmenu se zasunuje připojovací hřídel nástavce (2), která má v přesné vzdálenosti od konce vysoustruženou drážku. Na třmenu je nasunuto



pohyblivé pouzdro (3), jehož vnitřní průměr se mění v závislosti na potřebě stlačení kuličky. Z jedné strany je přišroubován vymezovací kroužek (8), který se pohybuje v drážce na třmenu a rovnou slouží jako vedení. Mezi třmenem a pohyblivým pouzdem je nasunuta z vnitřní strany tlačná hřídel (4) s pružinou (6) a pojištěna z vnější strany přišroubovanou destičkou (7).

Připojovací hřídel se nasune do třmenu. Kulička má zatím ještě vůli k pohybu mezi hřídeli a pohyblivým pouzdem. Jakmile hřídel nástavce začne tlačit na tlačnou hřídel, začne se stlačovat pružina. Pohyblivé pouzdro zůstane na místě, protože ho drží kulička vtěsnaná mezi hřídeli a pouzdem. Až se hřídel zasune do potřebné vzdálenosti tak kulička zapadne do drážky a pružina posune pohyblivé pouzdro a dojde k zajištění. Odjištění se provádí pomocí stlačení pohyblivého pouzdra.

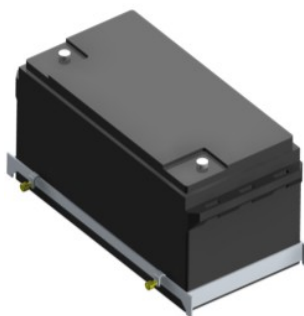
## 5.5 Pohon nástavců



Obr. 39 - pohon nástavců

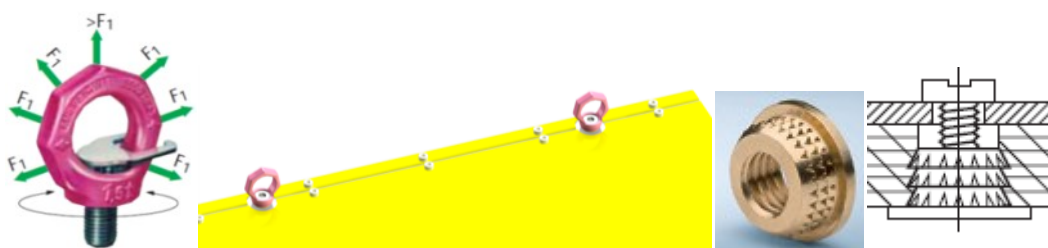
Pro pohon nástavců slouží motor s převodovkou (1) od firmy MAXON [22], který rovněž obsahuje hallovou sondu pro měření otáček. Pohon je přišroubován na rám (2), který slouží jak pro přichycení k rámu servisního robotu tak i jako ložiskový domek. Na výstupní hřídel převodovky je nasunuto kuželové ozubené kolo (3), které zabírá s druhým ozubeným kolem umístěným na hnací hřídeli (5). V přední části hřídele je pomocí svěrného pouzdra (6) [17] uchycená magnetická spojka (4) [23], která přenáší moment bezdotykově z robotu na nástavec. Výhodou magnetické spojky je 100% jistící funkce při přetížení, snadná izolace a umožňuje přenášení momentu i při nepřesné montáži. Hnací hřídel je uložena na dvou ložiscích. Přední je klasické kuličkové (7), zatímco zadní je ložisko s kosoúhlým stykem (8). To zachytává jak síly radiální, tak síly axiální vznikající při přitahování magnetických spojek.

## 5.6 Uložení baterii, kamery a úchyty pro jeřáb



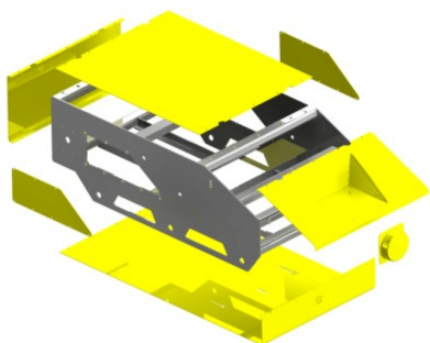
Obr. 40 - uchycení baterie

Pro napájení robotu spolu s nástavci jsou použité dva olověné 12V akumulátory se společnou kapacitou přes 100 Ah [24]. Je to kvůli požadavku výdrže robotu minimálně 2 hodiny, a jelikož není řešena senzorika a řízení, tak je zahrnuta rezerva. Na baterie je ze spodu nasunut svařovaný rám se šrouby. Baterie s rámem jsou následně uloženy na rámu robotu složeného z L profilu a pomocí dotažení šroubu se zajistí proti volnému pohybu.

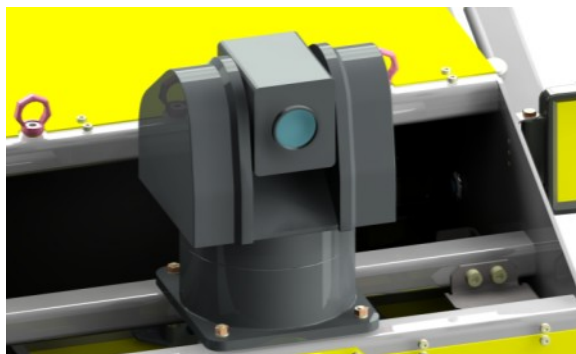


Obr. 41 - vázací body pro jeřáb

Robot se na střechy vytahuje pomocí jeřábu, proto má z horní strany umístěné 4 otočné vázací body. Každý bod má maximální nosnost 1,5 T [25]. Pokud je více bodů jejich nosnost se snižuje, ale zároveň se zvyšuje stabilita při manipulaci. Šroubovací body jsou našroubovány v závitových vložkách vložených do rámu robotu.



Obr. 42 - krytování servisního robotu

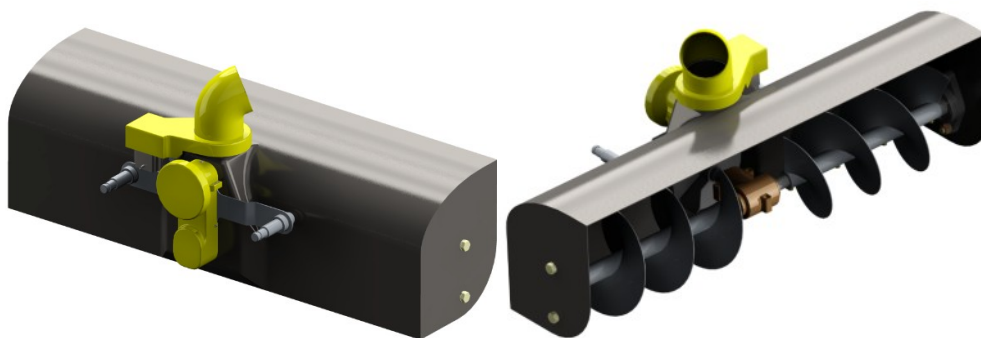


Obr. 43 - uložení kamery

Pro orientaci robotu slouží otočná kamera v přední části robotu (Obr. 43). Je to kamera od firmy SONY [26] a je určena pro použití ve venkovním prostředí. Neobsahuje led osvětlení, proto jsou po stranách robotu navíc uloženy světla. Přichycení kamery k robotu je řešeno pomocí šroubu a matic.

Kryty robotu (Obr. 42) jsou výpalky s plechu o tloušťce 1,5 mm. Některé jsou ohnuté do požadovaného tvaru, jiné jsou svařené z více částí. Díry jsou navrtány dodatečně. Kryty jsou k rámu přišroubované a mezi nimi je nalepena těsnicí páska, která zajišťuje dostatečnou odolnost proti vnějšímu prostředí. Přední kryt na magnetickou spojku je vylišován s plastu, aby neomezoval magnetické pole spojky.

## 6 Popis sněhové frézy

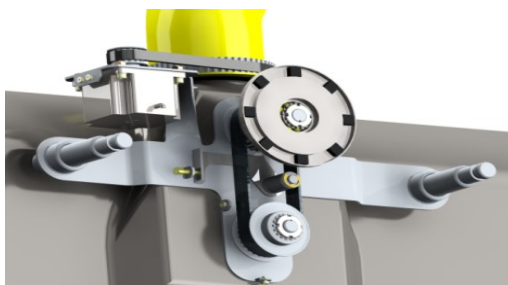


*Obr. 44 - nástavec sněhová fréza*

Sněhová fréza je dvoufázová, to umožňuje efektivnější odstraňování sněhu. V první fázi dochází k nahrnutí sněhu pomocí jednořadého šneku k ústí turbíny. Ve fázi druhé je sníh nabírán otáčející se turbínou a vyhazován skrz komín. Komín lze automaticky natáčet v rozsahu 180 °.

Fréza je navržena tak, aby po připojení k robotu byl prostor mezi plochou střechy a spodní částí frézy 20 mm. To je z bezpečnostních důvodů kvůli možnému poškození střechy. To by taky mělo zabezpečit bezpečné přejíždění překážek, jako jsou kabely a nižší výstupky.

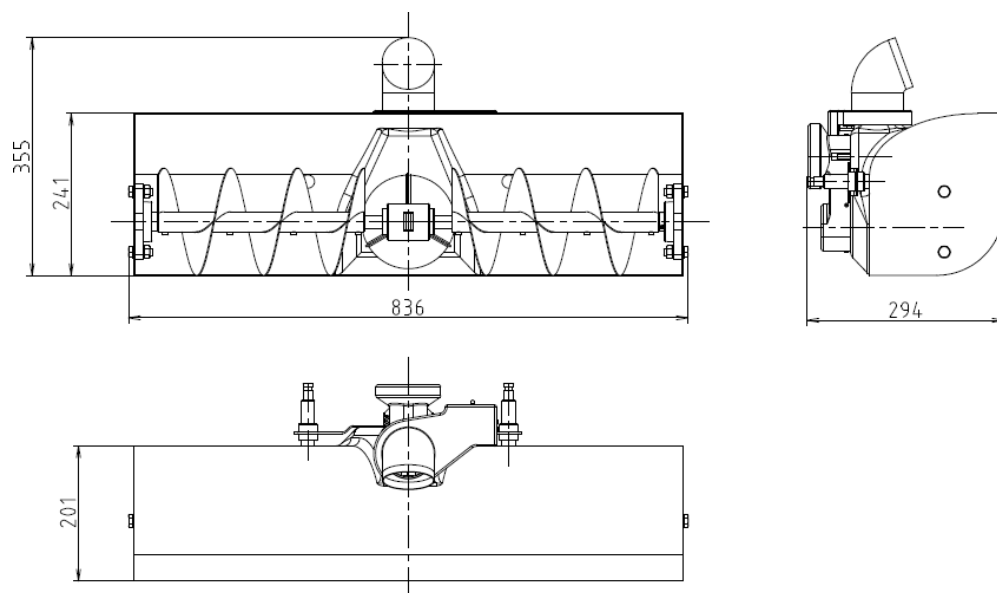
Sníh ze střechy by se měl shazovat do prostoru, který je zabezpečený a neměl by se nadměrně hromadit v jedné části střechy. K tomu slouží otáčející komín, který lze otáčet v rozsahu  $\pm 90^\circ$ .



Obr. 45 - vnitřní mechanismus

Fréza se skládá z několika základních částí. Hlavní je plechový rám, ve kterém je přichycený šnek a turbína. Z vnější horní strany je uložen komín, zatímco ze zadní strany je přivařený nosný rám, na kterém je uložen pohon pro natáčení komínu, mechanismus pro přenesení momentu z robotu na šnek a turbínu a taky hřídele pro připojení k robotu. Převody jsou zakrytované, aby se do nich nedostaly nečistoty.

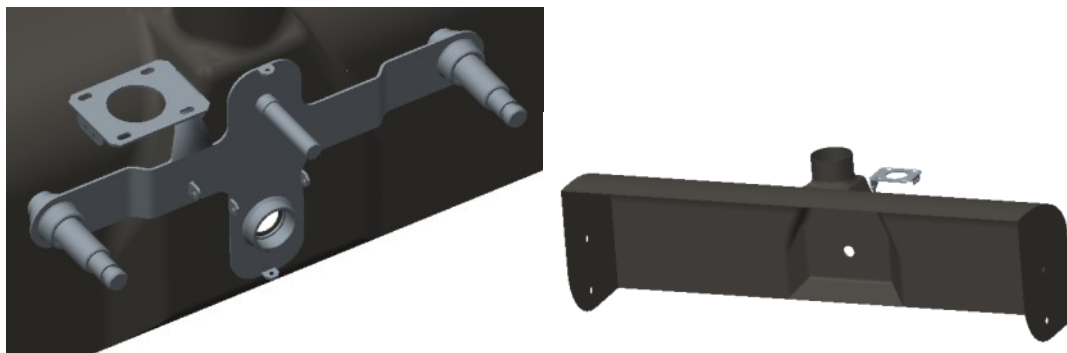
## 6.1 Parametry



Obr. 46 - parametry frézy

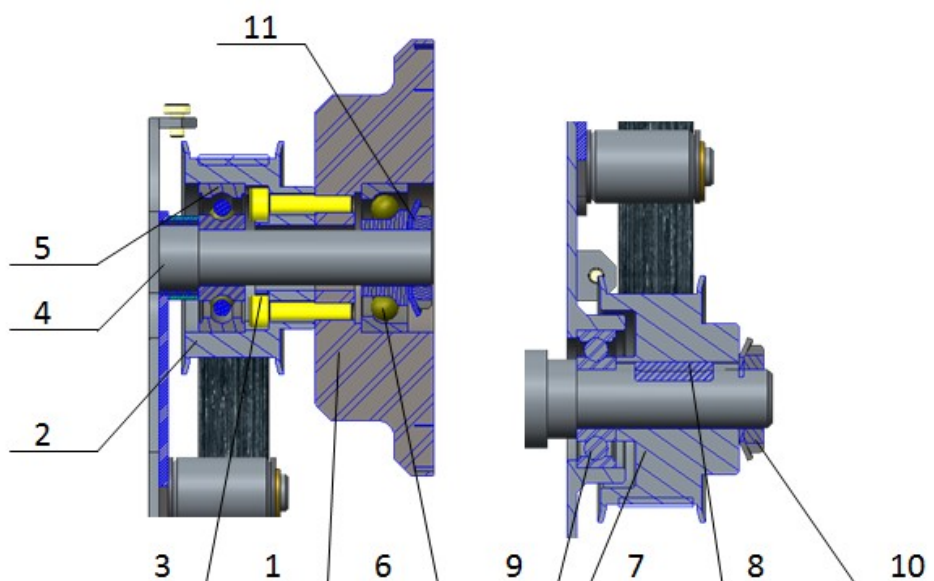
Parametr	Hodnota
Délka	836 mm
Šířka	294 mm
Výška	353 mm
Hmotnost	14 kg
Natočení komínu	$\pm 90^\circ$
Vzdálenost odhozu	2 m

## 6.2 Převod od spojky na šnek



Obr. 47 - rám sněžné frézy

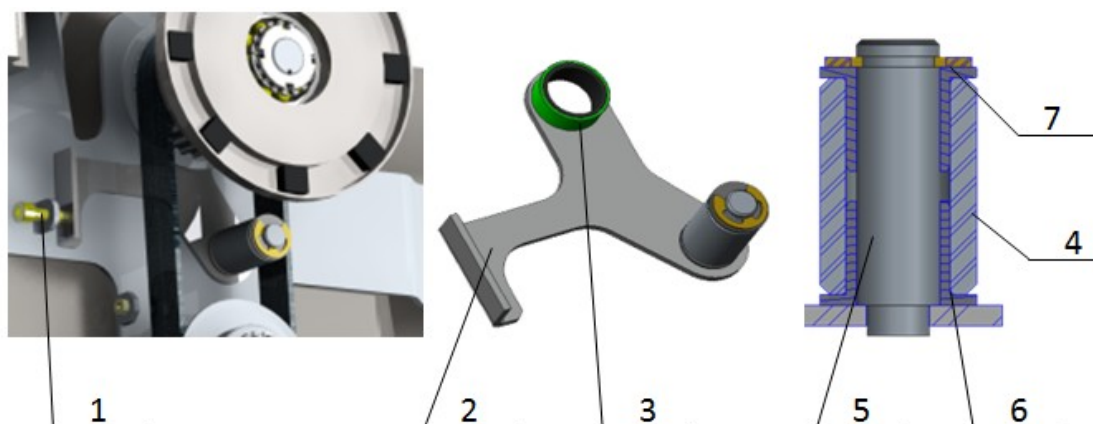
Základní nosná konstrukce se skládá z 2 částí. První je vnější kryt, ten je svařený z několika tvrzených plechů o tloušťce 1mm. Ty jsou řešené jako výpalky, některé jsou ohnuté do požadovaného tvaru. Ze zadní strany je přivařen nosný rám, který zpevňuje celou konstrukci a obsahuje prvky jak pro uložení převodového mechanismu, tak i pro uchycení hřídeli na připojení k servisnímu robotu.



Obr. 48 - uložení řemenového převodu

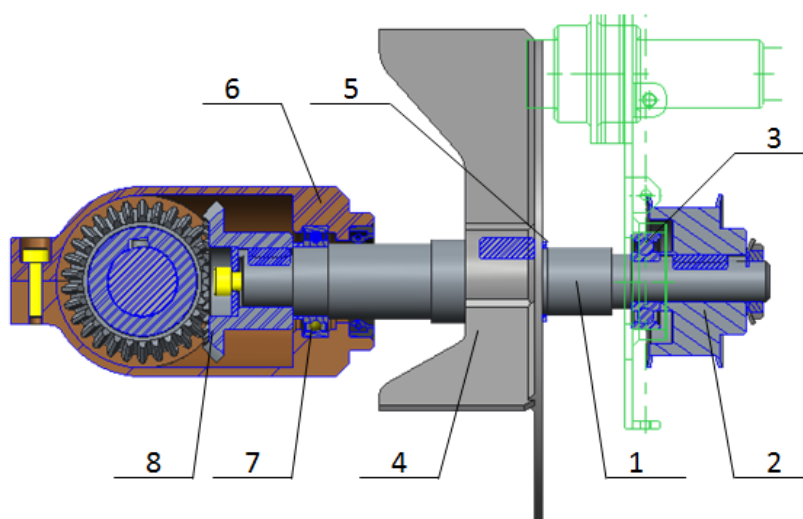
Převod momentu ze servisního robotu na šnek a vyhazovací turbínu je řešen pomocí magnetické spojky (1) [23] a ozubeného řemenového převodu. Magnetická spojka je 4 šrouby (3) sešroubována s hnací ozubenou řemenicí (2). Obě jsou uloženy na ložiskách, které jsou nasunuty na nosné hřídeli (4) od rámu a z vnější strany jsou zajištěné KM maticí s podložkou (11). V magnetické spojnici je umístěno ložisko s kosoúhlým stykem (6), které zachytává axiální síly vznikající na spojnici.

Moment se pomocí ozubeného řemenu přenáší na hnanou řemenici (7), ta je uložena na hřídeli s perem (8). Z jedné strany zajišťuje ložisko (9), které je uloženo v nosném rámu a ze strany druhé je zajištěná pomocí KM matice s podložkou.



*Obr. 49 - napínák ozubeného řemenu*

Napínák je uložen na nosné hřídeli základního rámu před hnací řemenicí a dotahuje se šroubem (1). Základ tvoří plechový výpalek (2), jehož jedna strana, na kterou bude tlačit šroub je ohnutá. Dále jsou v něm navrtané 2 díry. Jedna je pro uložení kluzného pouzdra (3) a spolu s distančním kroužkem slouží k otočnému uložení napínáku. V druhé díře je pevný čep (5), který je ze spodní strany roznýtován. Na něj je nasunutý přítlačný váleček (4), ve kterém jsou kluzné pouzdra (6) firmy IGUS [19], a je zajištěn třmenovým pojistným kroužkem (7).

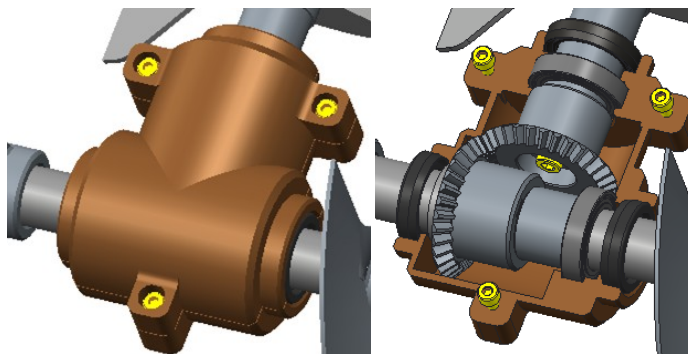


*Obr. 50 řez turbínou*

Hnaná hřídel (1) je rotačně uložena na dvou kuličkových ložiscích (3). V zadní části je nasunutá a pojištěná ozubená řemenice (2). V prostřední části hřídele je vyhazovací turbína (4). Moment je přenášen pomocí těsného pera a proti osovému pohybu je

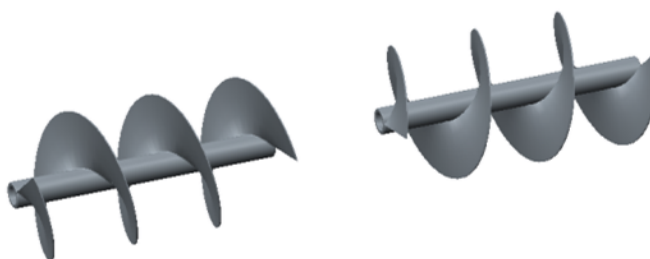


zajištěna pojistným kroužkem (5). V přední části hřídele je nasunuto a zajištěno ozubené kuželové kolo (8), které zabírá s kolem na šneku. Přední část hřídele je uložena v plastovém krytu sešroubovaného ze dvou částí (6,7). Ten je vytiskl na 3D tiskárně a slouží pro ustavení hřídelí. Zároveň jsou ve vnějších otvorech gufera, která chrání převod před nečistotami.



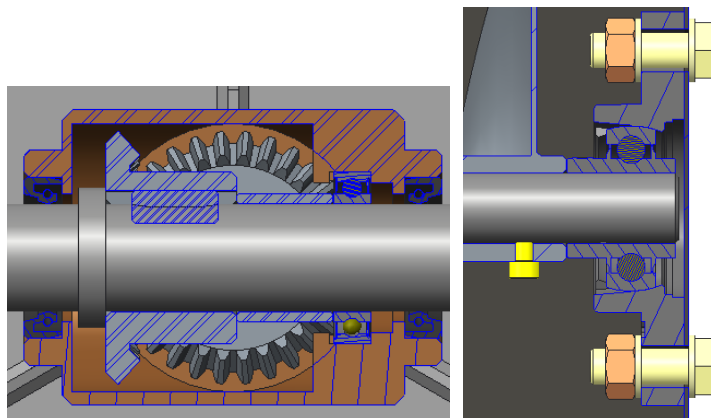
*Obr. 51 - krytování kuželového převodu*

### 6.3 Uchycení šneku



*Obr. 52 - šnek frézy*

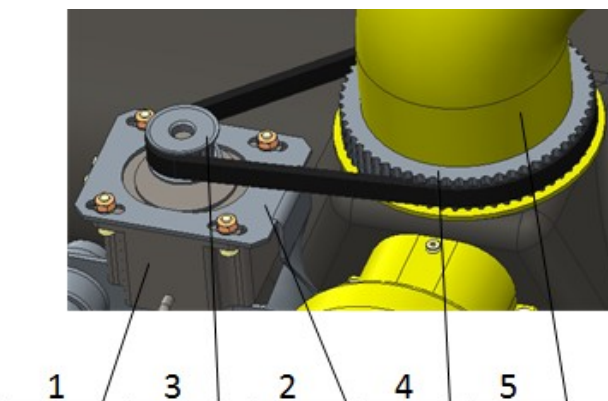
Šnekovnice je vyrobená na zakázku od firmy Agrosnek [27]. Ta má široký sortiment od šneků pro kombajny až po šneky do dopravníku. Šnekovnice je přivařená na trubku, která se nasune na hřídel a zajistí se pomocí několika šroubů.



*Obr. 53 - uchycení šneku*

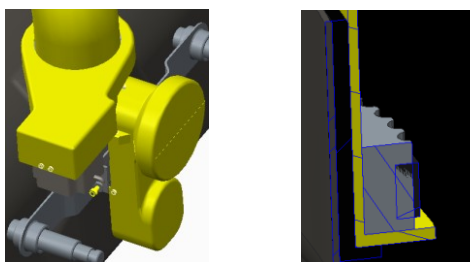
Na konce hřídele se šnekem jsou nasunuty ložiskové domky a pomocí šroubu přichyceny k bočnicím plechového vnějšího krytu. Uprostřed hřídele je nasunuto kuželové ozubené kolo. Jeho zajištění je řešeno distančním kroužkem a ložiskem, které zapadá do drážky na krytu.

#### 6.4 Otáčení komínu



*Obr. 54 - princip otáčení komínu*

Komín je tvořen plastovou rourou (5), která je ohnuta pod úhlem  $45^\circ$  aby se dosáhlo maximální vzdálenosti odhozu sněhu. Komínem otáčí krokový motor (1) [28], který je uchycen k nosnému rámu (2) sněhové frézy. Převod z pohonu na komín je řešen ozubeným řemenem. Na krokovém motoru je na výstupní hřídeli připevněna ocelová řemenice (3). Zatím co na komínu je řemenice plastová (4), která je ke komínu přilepena montážním lepidlem na plast. Samotné napnutí řemenu je řešeno posuvným uložením pohonu. Po napnutí je potřeba šrouby na pohonu dostatečně utáhnout. Radiální zatížení výstupní hřídele motoru nepřekročí maximální dovolenou sílu.



*Obr. 55 - krytování a uložení komínu*

Mezi plastovým komínem a ústím komínu plechového rámu je kluzné plastové ložisko od Igusu [19]. Pro zakrytování převodů slouží plastové kryty. U hlavního převodu je kryt složen ze dvou částí, které se přišroubují jak k sobě tak taky k nosnému rámu. Kryt pro převod komínu slouží jak pro krytí, tak zachycuje axiální síly a je přichycen šrouby k nosnému rámu.



## 7 Popis diskového kartáče



*Obr. 56 - nástavec diskový kartáč*

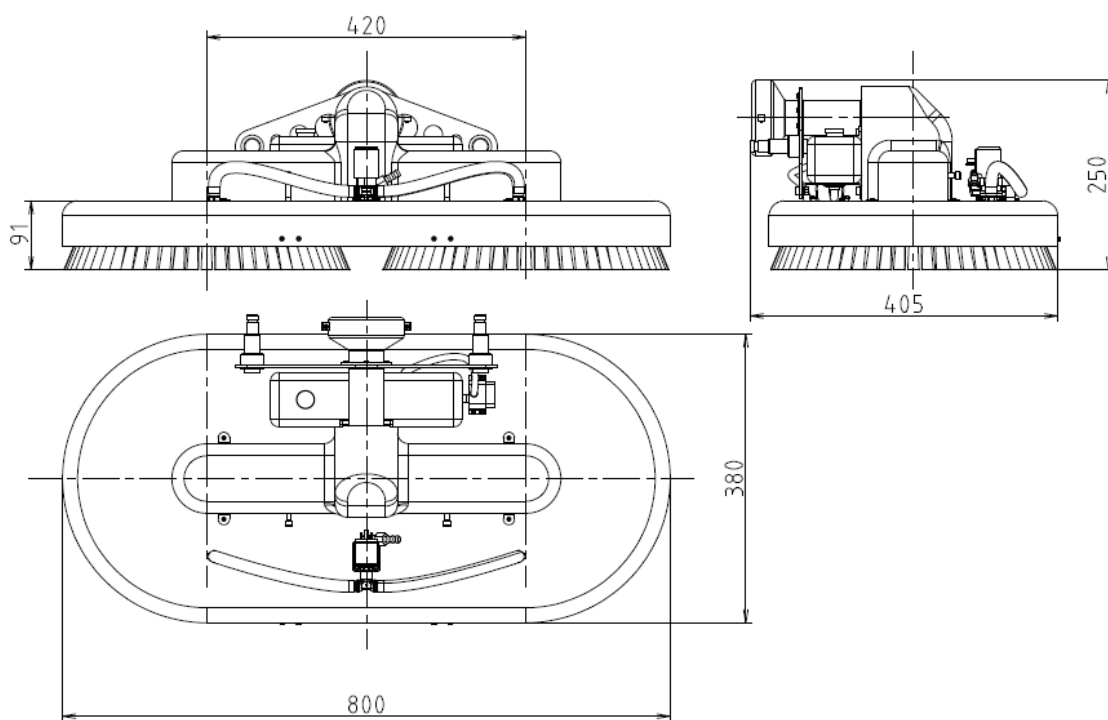
Diskový kartáč má tři základní funkce, které se odvíjí od technologie čištění. Nejdůležitější z nich je čištění vodou. Druhou funkcí je čištění pomocí kartáčů a poslední je aplikace speciálních čisticích přípravků na potřebná místa.

Technologický postup by měl být následující: Nejdříve se celá střecha opláchne pouze vodou, tím dojde k odstranění některých nečistot. Odolnější nečistoty se následně odstraní použitím kartáčů a vody současně. Na nejodolnější nečistoty nebo mechy a lišejníky je potřeba použít speciální čisticí přípravky, které se nanesou na postižené místo a nechají se působit po určitou dobu. Následně se místo očistí jak vodou, tak kartáči. Kvůli úspoře energie a času je možno první krok přeskočit a povrch střechy zároveň čistit jak vodou, tak kartáči.

Kartáče jsou navrženy tak, aby šly po opotřebení štětín snadno vyměnit za nové. Co se týká připojení hadice, tak by bylo vhodné mít na střeše automatický odvíječ a navíječ aby nemohlo dojít k zamotání. Nádržka na čisticí má objem 1 l. Pokud je střecha pravidelně udržovaná tak je tato kapacita dostačující.

Při připojení nástavce k servisnímu robotu jsou štětiny vzhledem k povrchu střechy v mírném přesahu, aby se zvýšila efektivita kartáčů. V případě že se robot pohybuje a kartáče nevyužívá je vhodné celý nástavec nadzvednout.

## 7.1 Parametry

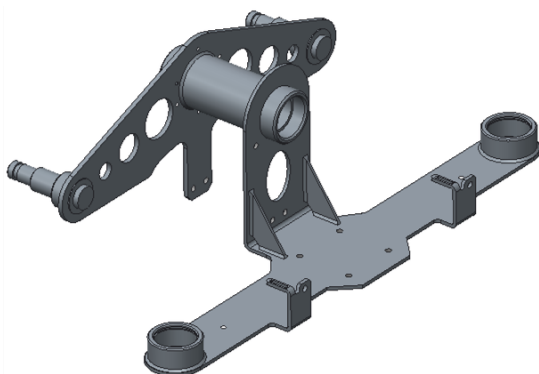


*Obr. 57 - parametry diskového kartáče*

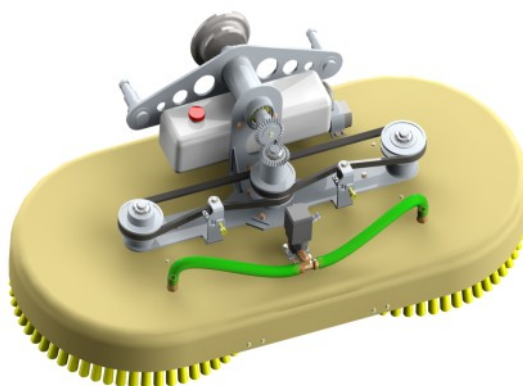
Parametr	Hodnota
Délka	800 mm
Šířka	405 mm
Výška	250 mm
Hmotnost	15 kg
Přítlak kartáče	5 kg
Průměr kartáče	350 mm

*Tab. 20 - parametry diskového kartáče*

## 7.2 Převod



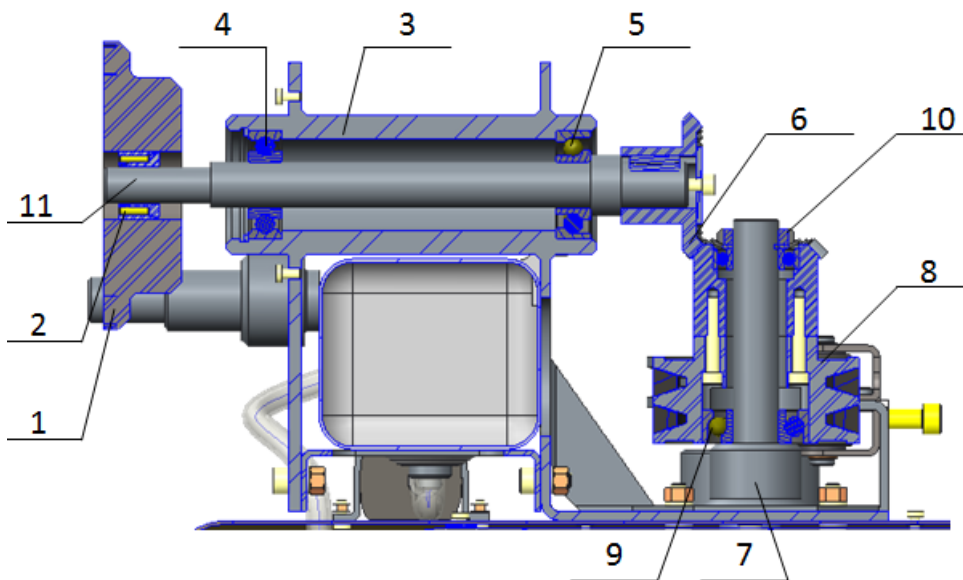
Obr. 58 - nosný rám



Obr. 59 - převodový mechanismus

Základem diskového kartáče je nosný rám (Obr. 58), který je svařený z několika výpalku. Jsou v něm přivařené hřídele pro připojení k servisnímu robotu a taky několik osoustružených trubek pro uložení mechanismu.

Na obr. 59 je vidět základ mechanismu. Kdy výstupní moment z robotu je na nástavec přenášen magnetickou spojkou uložené na hřídeli v nosném rámu. S té se pomocí kuželového ozubeného soukolí přenáší na dvojitou řemenici. Každý klínový řemen slouží pro pohon jednoho diskového kartáče a má svůj napínací mechanismus.

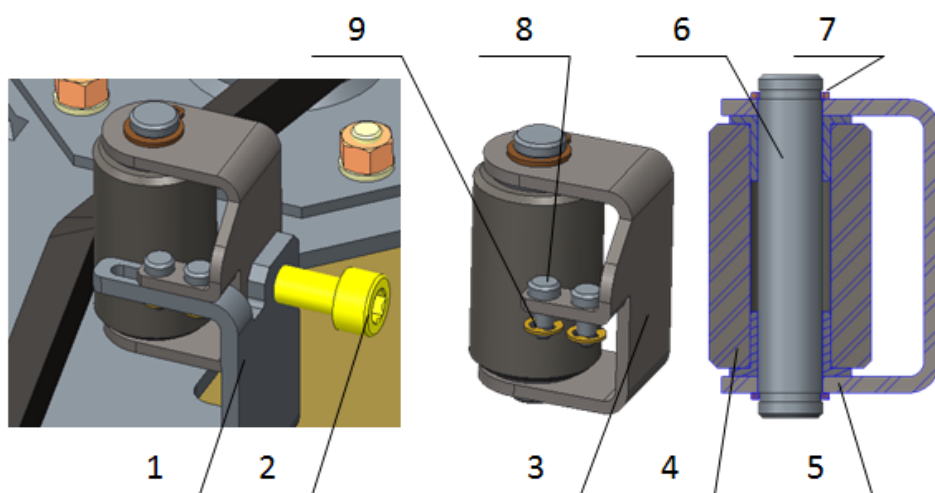


Obr. 60 - řez převodem

V duté části rámu (3) jsou uložena dvě ložiska. Jedno je kuličkové (4), to je zajištěno pojistným kroužkem a druhé je s kosoúhlým stykem (5). V nich je nasunuta hnací hřídel (11) kde na jedné straně je umístěná magnetická spojka (1) uchycená pomocí svěrného pouzdra (2). Na straně druhé je kuželové ozubené kolo (6) nasunuté na peru a

zajištěné plíškem a šroubem. To zabírá s druhým kolem, které je sešroubované čtyřmi šrouby s dvojitou řemenicí (8) a dohromady jsou uloženy na dvou ložiskách z toho jedno je s kosoúhlým stykem (9). Celá sešroubovaná část je nasunutá na vertikální pevnou hřídel (7), která je přišroubována k nosnému rámu a z vnější strany je mechanismus zajištěn KM maticí s podložkou (10).

### 7.3 Napínání řemene

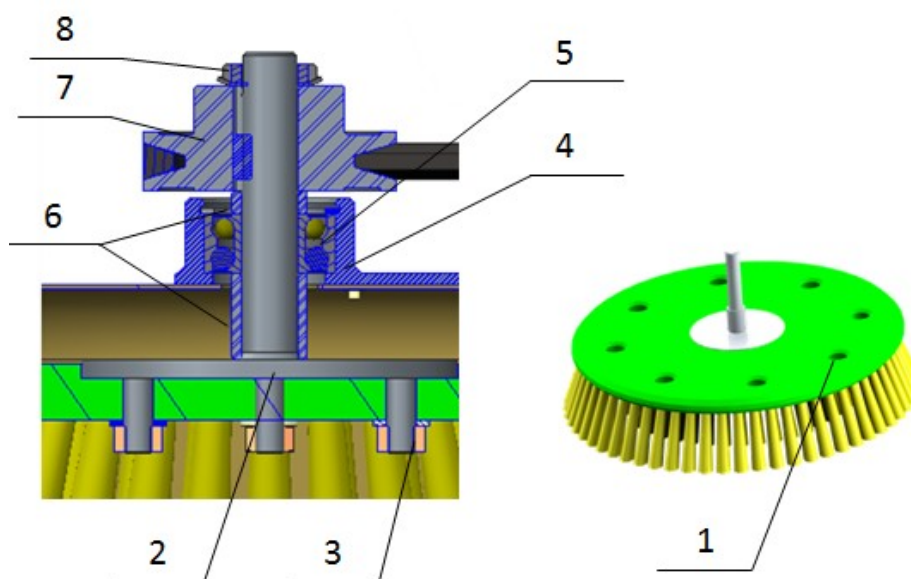


*Obr. 61 - napínák klínového řemenu*

Pro napínání každého klínového řemenu je použit napínák, který je uložen na nosném rámu (1). Nosný rám je výpalek a část pro připojení napínáku je ohnutá do požadovaného tvaru. Dodatečně je v něm vytvořená vodící drážka a díra se závitem pro napínací šroub (2).

Základní rám napínáku (3) tvoří rovněž plechový výpalek ohnutý do požadovaného tvaru. Uvnitř je přítlačný váleček (4), který je nasunut na dvou kluzných pouzdrech (5) [19]. Skrz ně je nasunut čep (6) zajištěný z vnější strany třmenovými kroužky (7). Pro vedení napínáku slouží dva vodící čepy (8), které zapadají do vodící drážky na základním rámu a jsou zajištěné třmenovými kroužky (9).

#### 7.4 Uložení kartáčů

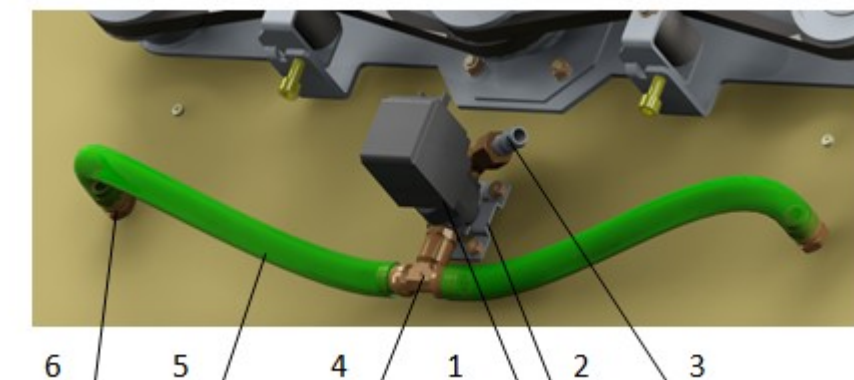


Obr. 62 - uložení kartáče

V případě realizace by se kartáčový disk nechal vyrobit na zakázku od firmy Kartáčovna Koloveč [29]. Vhodný materiál a rozložení štětín je potřeba zkontrolovat s odborníkem. Disk obsahuje po obvodu několik děr, skrz které se voda lépe dostává do prostoru mezi štětiny.

Kartáč je nasunut na rotační hřídel (2), která má ze spodní strany 4 šroubové úchyty na které se kartáč zajistí maticemi (3). To umožňuje snadnou a rychlou výměnu. Rotační hřídel je nasunutá v dvouřadém kuličkovém ložisku s kosoúhlým stykem (5), které zachytává jak síly radiální, tak síly axiální v obou směrech. Ložisko má ochranný kryt a tím slouží i k těsnění převodu. To je uloženo v nosném rámu (4) a je zajištěno pojistným kroužkem. Pro vymezení vzdálenosti mezi ložiskem a kartáčem a taky mezi ložiskem a řemenicí slouží distanční kroužky (6). Klínová řemenice (7) je nasunuta z horní strany a zajištěna KM maticí s podložkou (8).

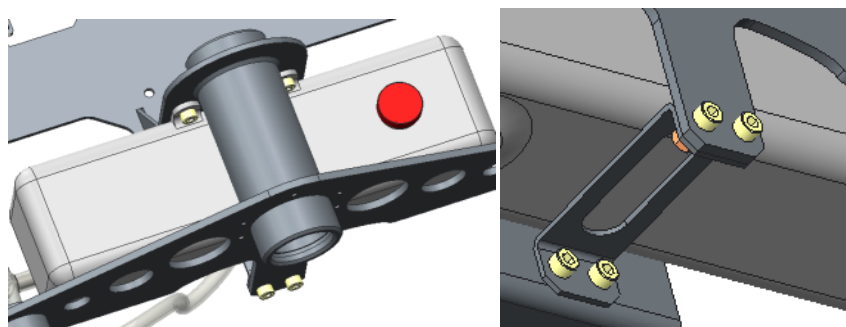
## 7.5 Rozvádění vody



*Obr. 63 - rozvádění vody*

Pro řízení spínání vody je použit elektroventil (1) [30], který má dva stavy. Otevřeno a uzavřeno. Ten je uložen na plechovém držáku (2) a s ním je přichycen k plastovému krytu kartáčů. Ze zadu je trn pro připojení hadice s vodou (3) zatímco z přední části je hadicová spojka (4), která rozděluje proud vody do dvou větví. Hadicové koncovky (6) jsou uloženy v plastovém krytu tak, aby se voda dostala do místa kde má kartáč otvory. Tyto koncovky jsou ze spodní strany krytu zajištěné maticí. Pro propojení koncovek a spojky je použita klasická hadice (5) na vodu o vnitřním průměru 12.7 mm a je utěsněna pomocí hadicové spony. [33]

## 7.6 Rozvádění čistícího přípravku

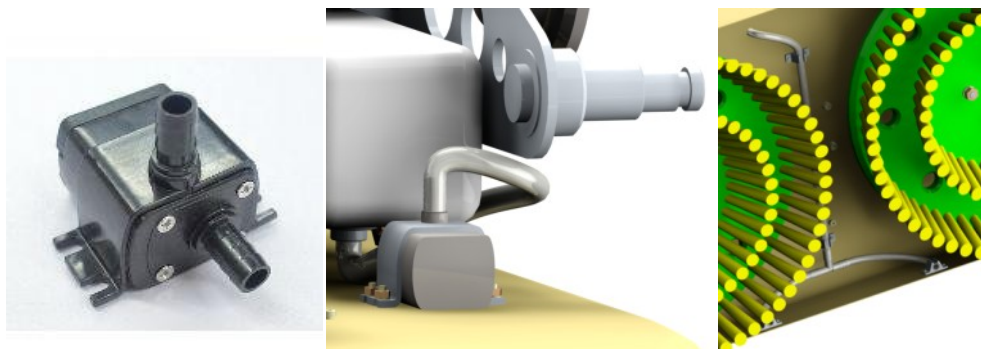


*Obr. 64 - uchycení nádržky*

Jako zásobník pro čistící přípravek slouží nádržka o objemu 1 l. Ta je uložena na nosném rámu mezi dvěma plechovými výpalky. K jednomu je přichycená pomocí dvou šroubů. Navíc je ze spodu podepřena ohnutým plechem, který je přišroubován k nosnému rámu a zvyšuje stabilitu nádržky a zároveň zpevňuje nosný rám. Nádržka má dva otvory. Jeden shora, který slouží pro nalévání čistidla a jeden ze spodu, pro



připojení sací hadičky. Ta je tvořená PVDF hadičkou [31], která má dobrou odolnost proti chemikáliím.

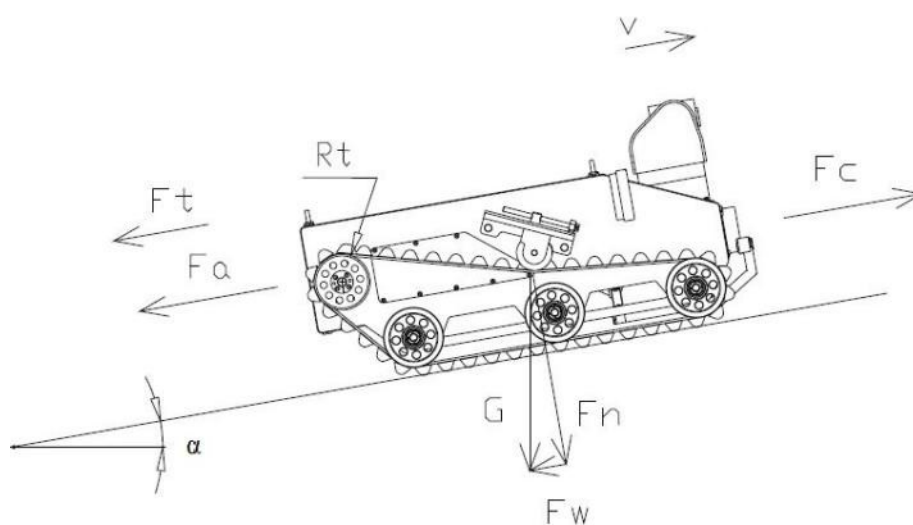


Obr. 65 - rozvádění čistícího přípravku

Pro nasávání čistícího prostředku z nádržky slouží dvoufázová elektromagnetická pumpa [32]. Která umožňuje nasávání různých tekutin od vody přes oleje až po různé kyseliny. Je zcela vodotěsná a maximální pracovní teplota je kolem 60 °C. Na výtlačnou trubici je nasazena PVDF hadička[31]. Ta je vedena skrz otvor pod kryt kartáčů a tam je nacvaknutá do plastového držáku, které jsou vyrobené 3D tiskem a ke krytu jsou přišroubovány. Tímto způsobem je hadička přivedena do přední části nástavce, kde se rozděluje na dvě větve, jejíž konce jsou od sebe vzdáleny 200 mm. To umožňuje lepší pokrytí zvoleného místa.

## 8 Návrhy pohonů

### 8.1 Návrh hnacího pohonů



Obr. 66 - síly působící při pohybu

Zadané parametry:

Parametr	Hodnota
Rychlost	$v = 0,8 \text{ m/s}$
Zrychlení	$a = 0,5 \text{ m/s}^2$
Max hmotnost	$m = 160 \text{ Kg}$
Poloměr hnacího kola	$R_t = 50 \text{ mm}$
Max sklon střechy	$\alpha = 10^\circ$
Součinitel tření	$f = 0,3$

Tab. 21 - zadané parametry servisního robota

Tabulka valivého odporu pro různé povrchy:

Povrch	f
Dlažba	0,02 – 0,03
Beton	0,015 – 0,025
Asfalt	0,01 – 0,02
Zasněžený povrch	0,20 – 0,30
Náledí	0,01 – 0,025

Tab. 22 - valivý odpor pro různé typy povrchů

Celková potřebná síla potřebná na rozpořívování robota:

$$F_c = F_t + F_a + F_w + F_s \quad (1)$$

Síla potřebná na překonání tření:

$$F_t = f \cdot F_n = f \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha) \quad (2)$$

Síla potřebná na překonání stoupání střechy:

$$F_w = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \quad (3)$$

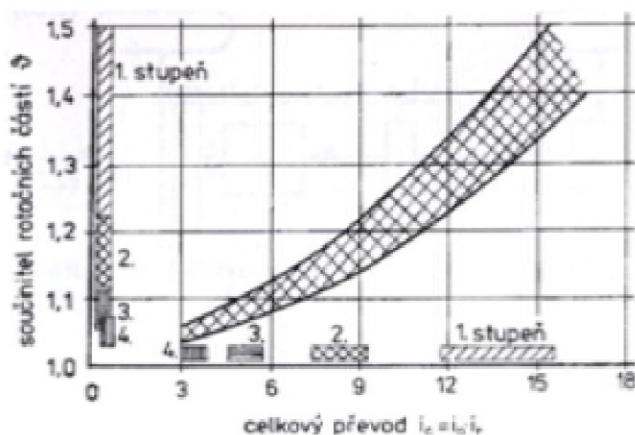
Síla od posuvných setrvačných hmot při zrychlení:

$$F_a = m \cdot a \quad (4)$$

Síla od rotačních setrvačných hmot při zrychlení:

$$F_s = \frac{1}{R_t} \cdot J_c \quad (5)$$

Při předběžném návrhu nejsou známy setrvačné hmoty pohonu a převodovky, proto se volí koeficient  $\vartheta$ , kterým se vynásobí síla posuvných hmot. Tento koeficient je určen z grafu na Obr. 65, pro náš případ je roven  $\vartheta = 1,5$



Obr. 67 - součinitel rotačních částí

Po dosazení rovnic do rovnice (1) nám vyjde výsledná rovnice:

$$Fc = f \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha) + m \cdot g \cdot \sin(\alpha) + m \cdot a \cdot \vartheta$$

$$Fc = m \cdot g \cdot \left( f \cdot \cos(\alpha) + \sin(\alpha) + \frac{a}{g} \cdot \vartheta \right) \quad (6)$$

$$Fc = 160 \cdot 9,81 \cdot \left( 0,3 \cdot \cos(10) + \sin(10) + \frac{0,5}{9,81} \cdot 1,5 \right) = 840 \text{ N}$$

Vypočtená síla platí pro celý robot, proto je rozdělena mezi dva pohony a navýšena o bezpečnostní koeficient  $k = 1,4$ .

$$F = \frac{Fc \cdot k}{2} = \frac{840 \cdot 1,4}{2} = 588 \text{ N} \quad (7)$$

Potřebný výkon na pohonu:

$$P = F \cdot v = 588 \cdot 0,8 = 470 \text{ W} \quad (8)$$

Požadovaný výstupní moment na hnacím kole:

$$M = F \cdot Rt = 588 \cdot 0,05 = 29,4 \text{ Nm} \quad (9)$$

Požadované otáčky na hnacím kole:

$$n = \frac{60 \cdot v}{2 \cdot \pi \cdot Rk} = \frac{60 \cdot 0,8}{2 \cdot \pi \cdot 0,05} = 152 \text{ min}^{-1} \quad (10)$$

Parametry pro výběr pohonu:

	Vypočtené hodnoty
Výkon [W]	470
Výstupní moment [Nm]	29.4
Výstupní otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]	152

Tab. 23 - potřebné parametry hnacího pohonu

Zvolený pohon a převodovka:

Stejnoseměrný motor TRANSTECNO - EC 350 [16]



Obr. 68 - hnací pohon

Parametr	Hodnota
Napájení	24 V
Výkon	500 W
Moment	1,57 Nm
Otáčky	$3000 \text{ min}^{-1}$

Tab. 24 - parametry pohonu

Šneková převodovka TRANSTECNO – CM050-71B2 [16]



Obr. 69 - šneková převodovka

Parametr	Hodnota
Převodový poměr	20
Nominální výkon	550 W
Nominální moment	32 Nm
Nominální výstupní otáčky	$140 \text{ min}^{-1}$

Tab. 25 - parametry převodovky

Výrobce bohužel v katalogích neuvádí momenty setrvačnosti potřebné pro zpětnou kontrolu. Vzhledem k tomu, že byl zvolen dostatečně velký koeficient bezpečnosti a setrvačné hmoty byli přiřazeny koeficientem  $\vartheta$ , tak by měl zvolený pohon vyhovovat.

## Řídicí jednotka PLN20 [16]



Parametr	Hodnota
Napájení	24 V
Nominální výstupní proud	20A
Špičkový proud	60A
Hmotnost	0,4 Kg

Obr. 70 - řídicí jednotka TRANSTECNO

Tab. 26 - parametry řídicí jednotky

Pro ovládání zvoleného pohonu má firma TRANSTECNO konkrétní řídicí jednotky. Lze na ni připojit jak pohony, tak brzdu. Navíc obsahuje konektory pro připojení dalších senzorů. Množství pohonu, které lze připojit na jednu jednotku se odvíjí od spotřeby proudu jedním pohonem. V našem případě je potřeba pro každý pohon jednu řídicí jednotku.

Porovnání pohonů:

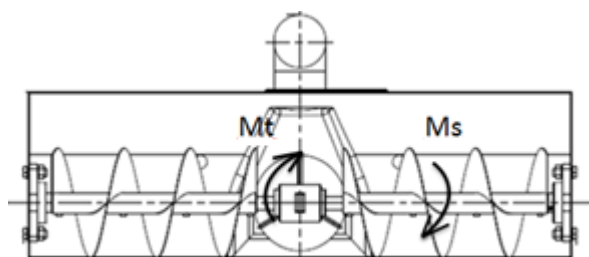
	Vypočtené hodnoty	Reálné hodnoty
Výkon [W]	470	500
Výstupní moment [Nm]	29.4	31.4
Výstupní otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]	152	150

Tab. 27 - porovnání navrženého pohonu

## 8.2 Návrh pohonů nástavců

Určit ideální parametry pohonu pro pohánění různých nástavců je z důvodu jejich rozdílnosti a funkčnosti velmi obtížné. Proto je vypočten potřebný pohon jak pro frézu, tak pro čistící kartáč. Z nich je následně vybrán pohon s vyšším nárokem.

### 8.2.1 Návrh pohonu sněžné frézy



Obr. 71 - zatěžující momenty frézy

Zadané parametry:

Parametr	Hodnota
<b>Objemová hmotnost mokrého sněhu</b>	$\tau = 400 \text{ kg/m}^3$
<b>Otáčky</b>	$n = 360 \text{ min}^{-1}$
<b>Průměr šneku</b>	$D = 160 \text{ mm}$
<b>Délka šneku</b>	$L = 800 \text{ mm}$
<b>Sklon šnekovnice</b>	$\beta = 30^\circ$
<b>Koeficient plnění</b>	$i = 0,3$

Tab. 28 - zadané parametry frézy

Výpočet celkového momentu:

Celkový potřebný moment je součtem momentu potřebného na pohon šneku, pohon vyhazovací turbíny a momentu setrvačnosti potřebného na roztočení rotačních součástí.

$$M_c = M_s + M_t + M_r \quad (11)$$

Výpočet hmotnosti přepravovaného sněhu šnekem:

$$m_s = 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L \cdot i \cdot \tau \quad (12)$$

Dosazením do vzorce:

$$m_s = 0,25 \cdot \pi \cdot 0,16^2 \cdot 0,8 \cdot 0,3 \cdot 400 = 1,92 \text{ kg}$$

Radiální síla na šneku potřebná pro pohyb sněhu:

$$Fr = \frac{m_s \cdot g}{\tan(\beta)} \quad (13)$$

Potřebný moment na šneku:

$$M_s = Fr \cdot \frac{D}{2} \quad (14)$$

Dosazením vzorce (13) do vztahu (14) nám vyjde vztah na určení momentu:

$$M_s = \frac{m_s \cdot g}{\tan(\beta)} \cdot \frac{D}{2} = \frac{1,92 \cdot 9,81 \cdot 0,16}{2 \cdot \tan(30)} = 2,6 \text{ Nm}$$



Moment na vyhazovací turbíně:

Dopravené množství sněhu, které je potřeba vyhodit turbínou na jednu otáčku odpovídá zhruba 1/3 celkového množství dopravované šnekem. Průměr turbíny  $D_s = 140 \text{ mm}$ .

$$M_t = F \cdot \frac{D_s}{2} = \frac{1}{3} \cdot m_s \cdot g \cdot \frac{D_s}{2} \quad (15)$$

Po dosazení:

$$M_t = \frac{1}{3} \cdot 1,92 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,14}{2} = 0,5 \text{ Nm}$$

Moment od setrvačných účinků rotujících hmot:

Momenty setrvačnosti jsou zjištěné pomocí programu Creo Parametric. V celém mechanismu jsou převody 1:1 proto stačí tyto momenty setrvačnosti pouze sečíst.

Část mechanismu	Moment setrvačnosti [kg.m <sup>2</sup> ]
Spojka s řemenicí	$J_1 = 6,95^{-4}$
Vyhazovací turbína s hřídelí a řemenicí	$J_2 = 9,5^{-4}$
Šnek s hřídelí	$J_3 = 6,05^{-3}$

Tab. 29 - momenty setrvačnosti rotačních částí frézy

$$M_r = J_c \cdot \varepsilon = (J_1 + J_2 + J_3) \cdot \varepsilon \quad (16)$$

Úhlové zrychlení:

Uvažujeme, že pohyb je rovnoměrně zrychlený a doba zrychlování je 2 s.

$$\varepsilon = \frac{n \cdot 360}{60 \cdot t} = \frac{360 \cdot 360}{60 \cdot 2} = 1080^\circ \cdot s^{-2} = 18,9 \text{ rad} \cdot s^{-2} \quad (17)$$

Po dosazení:

$$M_r = (6,95^{-4} + 9,5^{-4} + 5,05^{-3}) \cdot 18,9 = 0,15 \text{ Nm}$$

Celkový potřebný moment na výstupu:

Je navýšen o bezpečnost  $b = 1,5$

$$M = (M_s + M_t + M_r) \cdot b = (2,6 + 0,5 + 0,15) \cdot 1,5 = 4,9 \text{ Nm}$$

Výpočet výkonu motoru:

$$P = F \cdot v = \frac{M}{R} \cdot v \quad (18)$$

Vztah pro výpočet rychlosti:

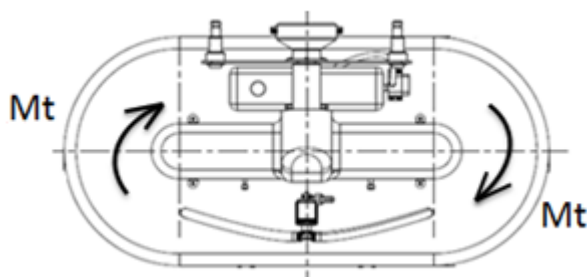
$$v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \frac{n}{60} \quad (19)$$

Po dosazení vzorce (19) do vztahu (18) a vykrácení vyjde výsledný vztah:

$$P = \frac{M}{R} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \frac{n}{60} = 2 \cdot \pi \cdot M \cdot \frac{n}{60} \quad (20)$$

$$P = 2 \cdot \pi \cdot 4,9 \cdot \frac{360}{60} = 185 \text{ W}$$

### 8.2.2 Návrh pohonu diskového kartáče



Obr. 72 - momenty na kartáči

Zadané hodnoty:

Parametr	Hodnota
Přítlak mycího kartáče	m = 5 kg
Otáčky	n = 360 min <sup>-1</sup>
Průměr kartáče	D <sub>1</sub> = 350 mm
Třecí odpor	f = 0,3
Koeficient deformace vlákn	k = 0,4

Tab. 30 - zadané parametry diskového kartáče

Výpočet maximálního momentu:

Celkový potřebný moment pro pohánění mechanismu je součet třecích momentů mezi kartáčem a povrchem střechy a moment potřebný na roztočení mechanismu.

$$M_c = 2 \cdot M_t + M_r \quad (21)$$

Výpočet třecího momentu kartáče:

$$M_t = F_t \cdot \frac{D_1}{2} \quad (22)$$

Výpočet třecí síly:

Vlákna se při tření se s povrchem ohýbají a proto je třecí síla vynásobena koeficientem  $k$ .

$$F_t = m \cdot g \cdot f \cdot k \quad (23)$$

Po dosazení vztahu (22) do vzorečku (23) vyjde výsledný vztah pro výpočet třecího momentu:

$$M_t = m \cdot g \cdot f \cdot k \cdot \frac{D_1}{2} = 5 \cdot 9,81 \cdot 0,3 \cdot 0,4 \cdot \frac{0,35}{2} = 1,04 \text{ Nm}$$

Moment od setrvačných účinků rotujících hmot:

Momenty setrvačnosti jsou zjištěné pomocí programu Creo Parametric. V celém mechanismu jsou převody 1:1, proto stačí tyto momenty setrvačnosti pouze sečíst.

Část mechanismu	Moment setrvačnosti [Kg.m <sup>2</sup> ]
Spojka s hřídelí	$J_1 = 6,8^{-4}$
Dvojitá řemenice s příslušenstvím	$J_2 = 3,03^{-4}$
Kartáč s řemenicí	$J_3 = 4,85^{-2}$

Tab. 31 - momenty setrvačnosti rotačních částí kartáče

$$M_r = J_c \cdot \varepsilon = (J_1 + J_2 + 2 \cdot J_3) \cdot \varepsilon \quad (24)$$

Úhlové zrychlení je totožné s úhlovým zrychlením frézy

Po dosazení do vztahu (24):

$$M_r = (6,8^{-4} + 3,03^{-4} + 2 \cdot 4,85^{-2}) \cdot 18,9 = 2 \text{ Nm}$$

Celkový moment navýšený o bezpečnost  $b=1,5$ :

$$M_c = (2 \cdot M_t + M_r) \cdot b = (2 \cdot 1,04 + 2) \cdot 1,5 = 6,12 \text{ Nm} \quad (25)$$

Výpočet výkonu dosazením do vzorce (20) :

$$P = 2 \cdot \pi \cdot 6,12 \cdot \frac{360}{60} = 230 \text{ W}$$

### 8.2.3 Shrnutí výsledku a volba pohonu nástavců

Parametr	Sněžná fréza	Diskový kartáč
Výkon [W]	185	230
Moment [Nm]	4,9	6,12
Otáčky [min <sup>-1</sup> ]	360	360

Tab. 32 - shrnutí vypočtených parametrů

Z tabulky je jasné, že diskový kartáč má o něco větší nároky než fréza, proto je pohon volen podle jeho parametrů.

Volba pohonů:

Pro pohánění nástavců byl vybrán pohon s převodovkou od firmy Maxon, který také obsahuje hallovou sondu pro měření otáček.

Pohon – EC 45 – 250W [22]



Obr. 73 - pohon nástavců

Parametr	Hodnota
Napájení	24 V
Výkon	250 W
Moment	0,311 Nm
Otáčky	7970 min <sup>-1</sup>

Tab. 33 - parametry motoru EC45-250W

Převodovka – GP 42 C [22]



Obr. 74 - převodovka maxon

Parametr	Hodnota
Převodový poměr	21:1
Max výkon	300 W
Max moment	11,3 Nm
Účinnost	81 %

Tab. 34 - parametry převodovky GP42C

## Řídicí jednotka EPOS2 50/5 [22]



Obr. 75 - řídicí jednotka Epos

Parametr	Hodnota
Napájení	24 V
Nominální výstupní proud	5A
Špičkový proud	10A
Hmotnost	0,24 Kg

Tab. 35 - parametry řídicí jednotky

Pro ovládání pohonu maxon slouží řídicí jednotka Epos2 50/5, ta je určena pro pohony do výkonu 250W. Kromě výstupu pro pohon má i vstupy pro hallovou sondu a několik analogových a digitálních výstupu a vstupů. Takže lze na ni snadno připojit i jiné senzory.

Porovnání požadovaných a navržených parametrů:

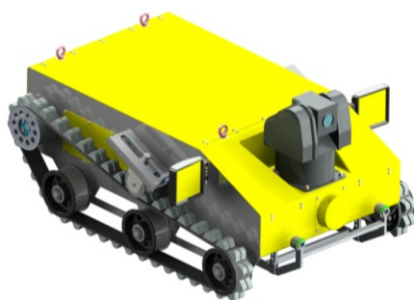
Parametr	Požadované hodnoty	Výsledné hodnoty
Výkon [W]	230	250
Moment [Nm]	6,12	6,5
Otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]	360	380

Tab. 36 - porovnání navrženého pohonu

## 9 Cenová bilance

Kompletní ceník jednotlivých komponent a potřebný čas na obrábění a montáž je podrobně zpracován v přílohách. Zde jsou uvedeny jen orientační ceny některých částí, práce a celková cena. Celkové ceny následně slouží pro technicko-ekonomické zhodnocení celé konstrukce.

Cena servisního robotu:



Obr. 76 - servisní robot

Část	Cena [Kč]
Hnací pohony	40000
Pohon nástvaců	29000
Zvedací mechanismus	10000
Senzory	30000
Ostatní části	10270
Spojovací materiál	2000
Práce	8000
<b>Celkem</b>	<b>129270</b>

Tab. 37 - ceník servisního robotu

Cena sněhové frézy:



Obr. 77 - sněhová fréza

Část	Cena [Kč]
Převodový mechanismus	4000
Šnek a uložení	2000
Mechanismus komínu	2000
Rámy	2000
Ostatní části	990
Spojovací materiál	400
Práce	3000
<b>Celkem</b>	<b>14390</b>

Tab. 38 - ceník sněhové frézy

Cena diskového kartáče:



Obr. 78 - diskový kartáč

Část	Cena [Kč]
Převodový mechanismus s kartáči	8000
Rozvod vody	1500
Rozvod čistidla	3000
Rámy	2000
Ostatní části	514
Spojovací materiál	600
Práce	4000
<b>Celkem</b>	<b>19614</b>

Tab. 39 - ceník diskového kartáče



## 10 Technicko-ekonomické zhodnocení

Nejdražší částí robotů bývají pohony a jejich příslušenství. Tím, že je hlavní pohon nástavců univerzální a je umístěn v servisním robotu, tak se dosáhlo poměrně velkého snížení ceny nástavců. Jsou tam zvýšené nároky na převody a konstrukčně složitější ale finančně se to vyplatí.

Robot je koncipován tak, aby byl univerzální. Největší investice je na nákup samotného servisního robotu. Ta se bude i se senzorickým vybavením pohybovat kolem 200 000 Kč. K němu lze dokoupit různé typy nástavců, jejichž průměrná cena by se pohybovala kolem 17 000 Kč.

Největší uplatnění nachází kvůli jeho rozměrům při údržbě rozsáhlých rovinných ploch. Variabilita pracovních nástavců je téměř neomezená a tím je jeho využití možné po celý rok. Na jaře může prokypřovat trávníky. V létě sekat trávu a udržovat pozemní komunikace, čistit střechy, popřípadě nanášet ochranou vrstvu. Na podzim zejména odstraňování listů. V zimě to pak bývá odstraňování sněhu jak ze střech tak pozemních komunikací.

Na údržbu střech se specializují konkrétní firmy. Zabývají se od čištění až po nátěry. Protože se jedná o výškové práce, tak mají školení českého horolezeckého svazu a cena práce se může pohybovat až 400 Kč/ hod na pracovníka, včetně materiálu a barev. V případě že se střecha neudrží, tak dochází k rapidnímu snížení životnosti a pak nezbývá než udělat střech novou.

Kdyby se robot pohyboval jenom na střechách, tak návratnost by byla poměrně dlouhá. Navíc uplatnění v domácnostech s malými pozemky a domy je minimální. Největší využití a návratnost by dosahoval v rozsáhlých průmyslových oblastech s velkými halami nebo u obchodních středisek. Proto se více uplatní u firem než v domácnostech.

## 11 Závěr

V práci je popsán konstrukční návrh servisního robotu pro údržbu střešních ploch a dva typy nástavců pro různé aplikace. V úvodu byla provedená analýza střech, jejich sklony, funkce a činnosti, které lze na nich provádět. Dále byly popsány některé roboty, které lze na střechách používat.

Na základě analýzy byl sestaven požadavkový list, z něhož vyplývá požadavek na univerzálnost robotického systému s možností připojení různých pracovních nástavců. Konkrétně se jedná o nástavce na odklizení sněhu a na čištění střechy. Celkem bylo navrženo šest variant. Dvě varianty pro podvozek servisního robotu, kdy se jednalo o podvozek pásový a kolový. Pro nástavce byly navrženy 4 varianty: sněhový pluh, sněhová fréza, diskový kartáč a válcový kartáč. Navržené varianty byly podrobeny hodnotové analýze a výsledkem je optimální varianta.

Jako optimální variantou se ukázal pásový servisní robot, ke kterému lze připojit sněžnou frézu a diskový kartáč. Tyto části byly konstrukčně propracovány. Důraz byl kladen na snížení ceny nástavců. Proto se hlavní pohon nástavců spolu s pohonem pro manipulaci s nástavcem umístil do vnitřního prostoru servisního robotu. Kvůli rozsahu diplomové práce byl použit pásový systém z realizovaného robotu Ares. Řízení bylo řešeno jen okrajově, kdy byly zvoleny řídící jednotky pohonů, otočná kamera a napájení.

Při konstrukci nástavců se dával pozor, aby splňovali předepsaný technologický postup jednotlivých prací. Důraz byl kladen na bezpečnost, hmotnost a cenu. Kvůli uložení pohonu v servisním robotu se musel řešit poměrně složitý převod na funkční část nástavce. U sněžové frézy musel být přidán pohon na otáčení výfukového komínu a u diskového kartáče elektrická pumpa pro čerpání čisticího prostředku z nádrže a zároveň elektromagnetický ventil pro spínání proudu vody.

Pokud by se měl robot v budoucnu používat, tak je potřeba dořešit jeho řízení, osazení potřebnými senzory pro měření vzdálenosti a překážek. Dále je potřeba dořešit univerzální konektor pro propojení servisního robotu s nástavci a jejich efektivní ovládání.

## 12 Použitá literatura

- [1] Střechy. *Wikipedie* [online]. 2013 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/St%C5%99echa>
- [2] Ploché střechy. *KMU* [online]. 2013 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.kme.zcu.cz/download/predmety/sa1/ploche-strechy.pdf>
- [3] Krytiny plochých střech. *Koumak* [online]. 2013 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.koumak.cz/stavba-krok-za-krokem/krytiny-ploche-strechy/>
- [4] Izolace plochých střech. *Prakta* [online]. 2013 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.prakta.cz/povlakove-izolace-rovných-strech.htm>
- [5] Údržba střechy. *Ruukki* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.ruukkistrechy.cz/Vse-o-strechach/Pokyny-k-udrzbe-strechy>
- [6] Zatížení střech sněhem. *Snihnastrese* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.snihnastrese.cz/>
- [7] Aplikace servisních robotů. *Robotika* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://robot.vsb.cz/file.php/prakticke-aplikace-servisnich-robotu.pdf>
- [8] Looj 330. *Irobot* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.itechnews.net/2012/08/16/irobot-looj-330-gutter-cleaning-robot/>
- [9] Spray robot. *Sprayworks* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.ohiofoamequipment.com/robotic-application-spray-foam.html>
- [10] Robot GEKKO. *Serbot* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://serbot.ch/fotovoltaics-cleaning/small-solar-plants/gekko-junior-g3/index.php>
- [11] Roboplow. *Robotshop* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.robotshop.com/blog/roboplow-snowplow-robot-311>
- [12] Roofus. *Yanko design* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.yankodesign.com/2008/11/18/roofus-mans-best-friend/>
- [13] Čištění střech. *Výškové čištění* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.vycistim.cz/vyskove-cistení-a-mytí-strech>

- [14] Čištění okapů. *Hobby* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: [http://hobby.idnes.cz/investujte-do-vycistení-okapu-nebo-se-pripravte-na-zbytecne-skody-1dd-/hobby-domov.aspx?c=A091122\\_221932\\_hobby-domov\\_bma](http://hobby.idnes.cz/investujte-do-vycistení-okapu-nebo-se-pripravte-na-zbytecne-skody-1dd-/hobby-domov.aspx?c=A091122_221932_hobby-domov_bma)
- [15] Odklízení sněhu. *Informační servis* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/odstrante-snih-ze-sve-strechy.aspx>
- [16] Pohony. *TRANSTECNO* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.transtecno.com/en/gearmotors/dc/stock/>
- [17] Svěrná pouzdra. *Teatechnik* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.teatechnik.cz/tlk-350/>
- [18] Robot Ares. *Dspace* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/81170>
- [19] Kluzné pouzdra. *Igus* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.igus.cz>
- [20] Lineární pohon. *Linak* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.linak.cz/products/Linear-Actuators.aspx?product=LA23>
- [21] Bowden kabely. *CarlStahl* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.carlstahl-technocables.com/products/bowden-cables.html>
- [22] Maxon pohony. *Maxon* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.maxonmotor.com>
- [23] Magnetické spojky. *Teatechnik* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.teatechnik.cz/magneticke-spojky-1/>
- [24] Akumulátor Vision. *Avacom* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.avacom.cz/vision-12v-65ah-oloveny-akumulator-deeppcycle-fl1e-spojky-1/>
- [25] Vázací body. *Tedox* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.tedox.cz/vrs-frm>
- [26] Kamera. *Securitycamera* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.securitycamera2000.com/products/1%7B47%7D4%27%27-SONY-CCD-Ex%252dview-EX1020-Optical-36X-WDR-Portable-PTZ-Car-Camera.html>

- [27] Šnekovnice. *Agrosnek* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://agrosnek.sk/>
- [28] Krokový motor. *Raveo* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://raveo.cz/krokove-motory-jat>
- [29] Diskový kartáč. *Kartáčovna Koloveč* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.kartacovnakolovec.cz/>
- [30] Elektromagnetický ventil. *SMC* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: [http://2009.oc.smc-cee.com/cz/pdf/vcw\\_cat.pdf](http://2009.oc.smc-cee.com/cz/pdf/vcw_cat.pdf)
- [31] Pvdř trubičky. *SMC* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.gumex.cz/pvdř-trubicka-kynar-hd-4000-30671.html>
- [32] Pumpa. *Micropump* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: [http://microdcpump.en.alibaba.com/product/828988453-211995460/ZKSJ\\_DC30A\\_1225\\_micro\\_brushless\\_dc\\_submersible\\_water\\_pump\\_DC12V\\_2\\_5M\\_3\\_12W.html](http://microdcpump.en.alibaba.com/product/828988453-211995460/ZKSJ_DC30A_1225_micro_brushless_dc_submersible_water_pump_DC12V_2_5M_3_12W.html)
- [33] Příslušenství hadic. *Fomi* [online]. 2012 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.hadice.net/sortiment/prislusenstvi-k-hadicim/>
- [34] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2003. 866 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [35] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. 95 s. ISBN 978-80-248-1290-8.

## 13 Seznam příloh

### 1 Pevnostní analýzy

- 1.1 Pevnostní analýza rámu servisního robotu
  - 1.1.1 Deformace rámu při pohybu
  - 1.1.2 Deformace rámu při zvedání jeřábem
- 1.2 Pevnostní analýza rámu diskového kartáče
- 1.3 Pevnostní analýza rámu sněžné frézy

### 2 Výpočty

- 2.1 Svěrné pouzdro
- 2.2 Ozubený řemenový převod
- 2.3 Kuličkové ložisko
- 2.4 Hřídel
- 2.5 Zvedací mechanismus

### 3 Katalogy

- 3.1 Maxon pohon
- 3.2 Řídicí jednotka Epos2 50/5
- 3.3 Stejnoseměrný motor od TRANSTECNO – EC350 - 240
- 3.4 Šneková převodovka TRANSTECNO – CM050 - 240
- 3.5 Řídicí jednotka-PLN20
- 3.6 Krokový motor 23S16
- 3.7 Lineární pohon – LA23
- 3.8 BLDC pumpa DC30A
- 3.9 Magnetická spojka – PMK90
- 3.10 Otočné vázací body
- 3.11 Baterie
- 3.12 Kamera - 1/4" SONY CCD Ex-view EX1020 Optical 36X WDR
- 3.13 Bowden Kabely

### 4 Cenová bilance

### 5 Výkresy

- 5-1 Dispozice nástavců
- 5-2 Pasový servisní robot
  - 5-2-1 Náboj kola
  - 5-2-2 Hnací pohon
  - 5-2-3 Pohon nástavby
  - 5-2-4 Zvedák
  - 5-2-5 Napínák
  - 5-2-6 Lineární pohon
- 5-3 Sněhová fréza
- 5-4 Diskový kartáč